Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
Fabíola Luzia de Souza Silva
(Organizadores)

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Ano 2022

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
Fabíola Luzia de Souza Silva
(Organizadores)

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Ano 2022

Diagramação: Bruno Oliveira
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
Fabíola Luzia de Sousa Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I62 Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista, Fabíola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0013-4
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.134223003

1. Conejo. 2. Crecimiento. 3. Cultivo. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Evangelista, Raimundo Cleidson Oliveira (Organizador). III. Silva, Fabíola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. Título.

CDD 577.55

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A investigação científica está ligada ao uso de análises técnicas com a finalidade de encontrar respostas para determinados questionamentos. Nas ciências agrárias não é diferente, e se torna cada vez mais importante, tendo em vista que as novas tecnologias são obtidas a partir de estudos que visam melhorar técnicas e, até mesmo, acabam por inserir formas de execuções inovadoras para alguns processos agrícolas.

Com o constante crescimento da população mundial, o setor agrícola tende a necessitar de meios mais eficazes de produção para suprir as demandas alimentícias mundiais futuras, e estas exigências acabam por gerar um conjunto de questionamentos que só podem ser desvendados através de investigações precisas.

O grande desafio da agropecuária mundial hoje é produzir mais e melhor, ocupando menos espaço de forma sustentável, e para isso há muitos anos pesquisas vêm sendo realizadas com a finalidade de contribuir para melhorias das ações, proporcionando ambientes de produção equilibrados e que permanecem em constantes melhorias.

Portanto, é notória a importância dos questionamentos gerados no processo de investigação e mais importantes ainda são as respostas resultadas através dele, que acabam por resultar em soluções inovadoras para substituição total ou parcial dos métodos confrontados.

Neste sentido, a presente obra reúne pesquisas inovadoras para a difusão de ideias importantes e com impacto direto no setor em questão, visando entregar informações de alto valor e relevância para o leitor e atualizando-o das tecnologias e inovações que são cada vez mais comuns do setor agrário internacional.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Raimundo Cleidson Oliveira Evangelista
Fabíola Luzia de Sousa Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

RELACIÓN ENTRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN PLASMA Y LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL EN CONEJOS

Data de aceite: 01/03/2022

Iván Agea
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Miguel Hernández University

María de la Luz García
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Miguel Hernández University

Raquel Muelas
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Miguel Hernández University

Thomai Mouskeftara
Biomic_AUTh, CIRI-AUTH Center for Interdisciplinary Research and Innovation Aristotle University of Thessaloniki

Helen Gika
Biomic_AUTh, CIRI-AUTH Center for Interdisciplinary Research and Innovation Aristotle University of ThessalonikiLaboratory of Forensic Medicine and Toxicology, School of Medicine, Aristotle University of Thessaloniki

Maria Jose Argente
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Miguel Hernández University

RESUMEN: Se seleccionaron de forma divergente dos líneas de conejos para aumentar y disminuir la variabilidad ambiental del tamaño de la camada al nacimiento. La disminución de la variabilidad del tamaño de la camada genera hembras más resilientes, con menos sensibilidad al estrés y las enfermedades, siendo un criterio de selección útil para mejorar la sensibilidad ambiental. Los ácidos grasos modulan la función de las células inmunitarias. Los ácidos grasos saturados (SFA) tienen un efecto inhibidor sobre la proliferación de linfocitos, los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) ejercen un efecto protector y antiinflamatorio sobre los macrófagos, y los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA) afectan la respuesta de los linfocitos por medio de las citoquinas IL-1, IL-2, IL-6 y TNF, así como de la prostaglandina E2 y leucotrieno B4. El perfil de ácidos grasos plasmáticos se evaluó en 10 hembras de la línea homogénea y 12 hembras de la línea heterogénea de la 12ª generación de selección. La línea homogénea mostró niveles más altos de SFA (+3,98 ng / ml P = 0,90 para C14:0; +2,30 ng / ml P = 0,98 para C15:0; +54 ng / ml P = 0,90 para C16:0 y +29 ng / ml P = 0,90 para C18:0) y de MUFA (+12,0 ng / ml P = 0,98 para C16:1 y +53 ng / ml P = 0,90 para C18:1n9c) que la línea heterogénea. Además, esta línea también tenía una mayor cantidad de PUFA n-3 (+2,18 ng / ml P = 0,90 para C18:3n3 y +1,91 ng / ml P = 0,90 para C20:5n3) y una menor cantidad de PUFA n-6 (-3,66 ng / ml P = 0,96 para C20:3n6 y -0,28 ng / ml P = 0,90 para C20:4n6) que la heterogénea. En conclusión, la selección por sensibilidad ambiental muestra una respuesta correlacionada en el perfil de ácidos grasos plasmáticos.

PALABRAS CLAVE: MUFA, PUFA n-3, PUFA n-6, linfocitos, resiliencia, sensibilidad ambiental.

ABSTRACT: Two rabbit lines were divergently selected for increasing and decreasing environmental variability of litter size at birth. Decreasing litter size variability generates more resilient females with less sensitivity to stress and diseases, being a useful selection criterion to improve environmental sensitivity. Fatty acids modulate the immune cell function. Saturated fatty acids (SFAs) have an inhibitory effect on lymphocyte proliferation, monounsaturated fatty acids (MUFAs) exerts a protective and anti-inflammatory effect on macrophages, and n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs) affect response of lymphocytes by mean of IL-1, IL-2, IL-6, TNF as well as prostaglandin E2 and leukotriene B4. Plasma fatty acids profile was assessed in 10 females from the homogeneous line and 12 females from the heterogeneous line from the 12th generation of selection. The homogeneous line showed higher levels of SFAs (+3.98 ng/ml P=0.90 for C14:0; +2.30 ng/ml P=0.98 for C15:0; +54 ng/ml P=0.90 for C16:0 and +29 ng/ml P=0.90 for C18:0) and MUFAs (+12.0 ng/ml P=0.98 for C16:1 and +53 ng/ml P=0.90 for C18:1n9c) than the heterogeneous line. Besides, this line had also a higher amount of n-3 PUFAs (+2.18 ng/ml P=0.90 for C18:3n3 and +1.91 ng/ml P=0.90 for C20:5n3) and a lower amount of n-6 PUFAs (-3.66 ng/ml P=0.96 for C20:3n6 and -0.28 ng/ml P=0.90 for C20:4n6) than the heterogeneous one. In conclusion, selection for environmental sensitivity shows a correlated response in the plasma fatty acids profile.
KEYWORDS: MUFA, PUFA n-3, PUFA n-6, lymphocytes, resilience, environmental sensitivity.

INTRODUCCIÓN

Se ha realizado con éxito un experimento de selección divergente por sensibilidad ambiental en conejos en la Universidad Miguel Hernández de Elche (Blasco et al., 2017). Este caracter se midió como la variabilidad ambiental del tamaño de la camada al parto. La selección para reducir la variabilidad del tamaño de la camada puede ser una forma útil de mejorar la resiliencia de la hembra, que se define como la capacidad de las hembras de verse mínimamente afectadas por las perturbaciones, o su capacidad para volver rápidamente al estado anterior a la exposición a una perturbación (Colditz y Hine, 2016). En este sentido, la línea seleccionada para reducir la variabilidad del tamaño de la camada mostró menos sensibilidad al estrés y las enfermedades que la heterogénea (Argente et al., 2019). La diferente susceptibilidad a la enfermedad entre líneas estaría relacionada con una respuesta inmune diferente. Se sabe que los ácidos grasos desempeñan diversas funciones en las células inmunitarias, modulando su respuesta; por ejemplo, se ha encontrado que regulan la fagocitosis, la producción de especies reactivas de oxígeno, la producción de citocinas y la migración de leucocitos, y también interfieren con la producción de antígenos por parte de los macrófagos (Yaqoob y Calder, 2007). Por lo tanto, las líneas divergentes para la sensibilidad ambiental podrían mostrar diferencias en los niveles de ácidos grasos en plasma.

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta correlacionada a la selección para la variabilidad del tamaño de la camada en el perfil de ácidos grasos en el plasma, con el fin de identificar biomarcadores específicos para la sensibilidad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y diseño experimental

Los animales de este estudio provienen de la duodécima generación de un experimento de selección divergente para la sensibilidad ambiental. La selección se basó en la varianza fenotípica del tamaño de la camada de cada hembra, después de corregir este carácter por el año-estación y el orden de parto-lactación (Blasco et al., 2017). Todos los animales fueron alojados en la granja de la Universidad Miguel Hernández de Elche (España). Los conejos fueron alimentados con una dieta comercial estándar (Nutricun Elite Gra®, de Heus Nutrición Animal, La Coruña, España). Se les proporcionó comida y agua *ad libitum*. Las hembras se alojaron en jaulas individuales (37,5 × 33 × 90 cm3) bajo un fotoperíodo constante de 16 h de luz continua: 8 h de oscuridad continua, y con ventilación controlada durante todo el experimento. Las hembras se aparearon por primera vez a las 18 semanas de edad.

Se tomó una muestra de sangre de la vena de la oreja a la segunda monta en 10 hembras no lactantes de la línea homogénea y en 12 hembras no lactantes de la línea heterogénea en tamaño de la camada. El segundo apareamiento es un punto clave y representativo en la vida reproductiva de la hembra. Las muestras se recogieron en tubos con K3-EDTA, y se centrifugaron inmediatamente a 4000 rpm durante 15 min. El plasma se almacenó a -80 ºC hasta el análisis de lípidos. Todos los procedimientos experimentales con animales fueron aprobados por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Número de referencia 2017/VSC/PEA/00212), de acuerdo con las Directivas del Consejo 98/58/CE y 2010/63/UE.

Análisis químicos

Se tomaron 200 μl de muestra de plasma en un tubo de vidrio con tapa scrum. La muestra de plasma se procesó siguiendo el método de Shirai et al. (2005). En el último paso, después de la evaporación con isooctano bajo una corriente de nitrógeno gaseoso, se añadieron 200 μl de hexano. Los ácidos grasos se midieron mediante un cromatógrafo de gases (GC-17A, Shimadzu, Kyoto, Japón) con detector de ionización de llama (FID), equipado con un CP-Sil 88 para columna capilar FAME (100 m x 0,25 mm x 0,36 mm; 0,20 μm espesor de película; Agilent Technologies, Madrid, España). El gas portador fue helio (flujo de 1,2 ml / min) con una inyección de 1:1. La rampa de temperaturas fue de 45 ºC durante los primeros 4 min; de 13 ºC/min hasta 175 ºC a continuación; 4 ºC /min hasta 215 ºC mantenidos durante 30 min; temperatura del inyector, 250 ºC; y temperatura del detector, 260 ºC. Los ácidos grasos se identificaron comparando los tiempos de retención con el estándar FAME MIX (CRM47885, Supelco, España).

Análisis estadístico

El modelo utilizado para analizar el perfil de ácidos grasos plasmáticos incluyó los efectos de línea (línea homogénea y heterogénea) y mes (marzo, abril y mayo). Todos los análisis se realizaron utilizando metodología bayesiana (Blasco, 2017). Consideramos que había suficiente evidencia de una diferencia entre la línea heterogénea (H) y la línea homogénea (L) si la probabilidad (P) de la diferencia era mayor de 0,90.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En comparación con la línea heterogénea (Tabla 1), la línea homogénea mostró una mayor cantidad de ácidos grasos saturados (SFA) (+3,98 ng / ml P = 0,90 para C14:0; +2,30 ng / ml P = 0,98 para C15:0 ; +54 ng / ml P = 0,90 para C16:0 y +29 ng / ml P = 0,90 para C18:0) y ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (+12,0 ng / ml P = 0,98 para C16:1 y +53 ng / ml P = 0,90 para C18:1n9c). En relación a los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), la línea homogénea también exhibió una mayor cantidad de PUFAs n-3(+2.18 ng / ml P = 0,90 para C18:3n3; +1.91 ng / ml P = 0,90 para C20:5n3). Con respecto a los PUFA n-6, la línea homogénea tuvo una mayor cantidad de C22:2n6 (+0,55 ng / ml P = 0,96) y menor cantidad de C20:3n6 (-3,66 ng / ml P = 0,96) y C20:4n6 (-0,28 ng / ml P = 0,90) que la heterogénea.

	Línea Heterogénea (H)	Línea Homogénea (L)				
Carácter (ng/ml)	Media	Media	D_{H-L}	HPD9$_{5\%}$		P
C8:0	7.74	4.09	3.65	-4.38,	11.9	0.81
C10:0	0.87	0.16	0.71	-0.59,	2.05	0.85
C11:0	0.07	0.35	-0.28	-0.79,	0.24	0.87
C12:0	1.70	1.29	0.41	-1.06,	1.93	0.71
C14:0	12.4	16.4	-3.98	-11.16,	2.44	0.90
C15:0	2.34	4.64	-2.30	-4.43,	-0.20	0.98
C16:0	244	298	-54	-169,	45	0.90
C17:0	5.25	6.46	-1.21	-3.65,	1.31	0.84
C18:0	121	150	-29	-73	17	0.90
C21:0	0.80	0.05	0.75	-0.51,	2.05	0.84
C22:0	1.07	0.10	0.97	-0.70,	2.40	0.79
C24:0	1.59	0.45	1.14	-0.70,	0.15	0.85
SFAs	400	483	-83	-249,	68	0.90
C14:1	1.76	1.55	0.21	-1.72,	2.10	0.59
C15:1	2.35	2.47	-0.12	-1.73,	1.54	0.55
C16:1	13.7	25.7	-12.0	-23.7,	0.1	0.98
C17:1	1.79	2.49	-0.70	-2.10,	0.72	0.85

C18:1n9c	176	229	-53	-135,	32	0.90
C20:1	1.16	0.94	0.22	-0.93,	1.41	0.65
MUFAs	197	262	-65	-159,	31	0.92
C18:2n6c	271	297	-26	-145,	95	0.67
C18:3n6	0.67	3.48	-2.81	-5.69,	1.17	0.84
C18:3n3	5.57	7.75	-2.18	-6.19,	0.98	0.90
C20:2	2.31	2.28	0.02	-1.46,	1.55	0.51
C20:3n6	4.44	0.76	3.66	-0.34,	7.80	0.96
C20:3n3	0.87	0.90	-0.03	-1.48,	1.47	0.51
C20:4n6	0.52	0.24	0.28	-0.12,	0.82	0.90
C22:2n6	0.36	0.91	-0.55	-1.16,	0.07	0.96
C20:5n3	1.59	3.50	-1.91	-7.59,	1.62	0.90
C22:6n3	1.77	0.36	1.41	-1.81,	3.71	0.81
n-3 PUFAs	9.87	11.97	-2.10	-9.59,	1.75	0.90
PUFAs	286	317	-31	-150,	98	0.67

D_{H-L}: media de la diferencia entre líneas heterogéneas y homogéneas. HPD95%: región de densidad posterior más alta al 95%. P: probabilidad de que la diferencia sea> 0 cuando D_{H-L}> 0, y probabilidad de que la diferencia sea <0 cuando D_{H-L} <0. SFA: ácidos grasos saturados. MUFA: ácidos grasos monoinsaturados. PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 1. Perfil de ácidos grasos en plasma a la monta en las líneas heterogénea y homogénea para la variabilidad del tamaño de la camada.

Los ácidos grasos participan en la regulación y activación de la respuesta inmune innata y adaptativa mediante la producción y síntesis de citocinas proinflamatorias, así como prostaglandinas, leucotrienos, tromboxanos y lipoxinas (Pompéia et al., 2000 en humanos). Por ejemplo, se ha encontrado un efecto negativo del ácido palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0) sobre la proliferación de linfocitos y un efecto protector del ácido palmitoleato (C16:1) y el ácido oleico cis-9 (C18:1n9c) (Gorjão et al., 2007; Carrillo et al., 2012; Chan et al., 2015 en humanos), mientras que ácido α linolénico (ALA, C18:3n3), ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5n3) y docosahexaenoico ácido (DHA, C22:6n3) han mostrado un efecto antiinflamatorio por medio de la disminución en la producción de IL-1, IL-2, IL-6, TNF así como de la prostaglandina E2 y el leucotrieno B4 (Katayama et al., 2003 y Kelley et al., 1999 en humanos; Rodríguez et al., 2019 en conejos). La proteína C reactiva es una proteína de la fase aguda secretada por los hepatocitos durante la inflamación, en respuesta a las citocinas proinflamatorias (Pepys y Hirschfield, 2003), siendo un biomarcador útil en procesos inflamatorios. En un estudio anterior, Argente et al. (2019) detectaron una menor concentración de linfocitos y proteína C reactiva en la línea homogénea; por tanto, esta línea parece ser menos sensible a enfermedades y procesos inflamatorios que la heterogénea. Estos hallazgos concuerdan con una mayor cantidad de ácido palmítico, ácido esteárico, ácido α- linolénico y ácido eicosapentaenoico en la línea

homogénea.

CONCLUSIÓN

La selección por sensibilidad ambiental muestra una respuesta correlacionada en el perfil de ácidos grasos plasmáticos, corroborando una menor respuesta inflamatoria y menor sensibilidad a enfermedades en la línea homogénea.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI) Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) "Una manera de hacer Europa" con el AGL2017-86083-C2-2-P, y con el proyecto de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural 2021/ VALORIZA/VSC/002.

REFERENCIAS

Argente M.J., García M.L., Zbyňovská K., Petruška P., Capcarová M., Blasco A. 2019. Correlated response to selection for litter size environmental variability in rabbits' resilience. Animal, 13(10), 2348-2355.

Blasco A., Martínez-Álvaro M., García M.L., Ibáñez-Escriche N., Argente M.J. 2017a. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. Genet. Sel. Evol., 49(1), 48.

Blasco A 2017b. Bayesian data analysis for animal scientists. Springer. New York.Carrillo C., Cavia M.M., Alonso-Torre S. 2012. Role of oleic acid in immune system; mechanism of action: a review. Nutr. Hosp., 27, 978-990.

Chan K.L., Pillon N.J., Sivaloganathan D.M., Costford R.J., Liu Z., Theret M., Chazaud B., Klip A. 2015. Palmitoleate Reverses High Fat-induced Proinflammatory Macrophage Polarization via AMP-activated Protein Kinase (AMPK). J. Biol. Chem., 290, 16979-16988.

Colditz I.G., Hine B.C. 2016. Resilience in farm animals: Biology, management, breeding and implications for animal welfare. Anim. Prod. Sci,.56 ,1961–1983.

Gorjão R., Cury-Boaventura M.F., de Lima TM., Curi R. 2007. Regulation of human lymphocyte proliferation by fatty acids. Cell Biochem. Funct., 25, 305–315.

Pepys M.B., Hirschfield G.M. 2003. C-reactive protein: A critical update. J. Clin. Invest., 111(12), 1805–1812.

Pompéia C., Lopes L.R., Miyasaka C.K., Procópio J., Sannomiya P., Curi R. 2000. Effect of fatty acids on leukocyte function. Braz. J. Med. Biol. Res., 33, 1255-1268.

Katayama S., Lee J.B. 2003. Prostaglandins and leukotrienes. In: Benjamin Caballero (Eds). Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition). Academic Press. 4798-4804.

Kelley D.S., Taylor P.C., Nelson G.J., Schmidt P.C., Ferretti A., Erickson K.L., Yu R., Chandra R.K., Mackey B.E. 1999. Docosahexaenoic acid ingestion inhibits natural killer cell activity and production of inflammatory mediators in young healthy men. Lipids, 34, 317-324.

Rodríguez M.G., Rebollar P., Mattioli S., Castellini C. 2019. n-3 PUFA Sources (Precursor/Products): A review of current knowledge on rabbit. Animals, 9(10), 806.

Shirai N, Suzuki H, Wada S. Direct methylation from mouse plasma and from liver and brain homogenates. Anal Biochem. 2005;343(1):48–53. doi:10.1016/j.ab.2005.04.037

Yaqoog P., Calder PC. 2007. Fatty acids and immune function: new insights into mechanisms. Br J Nutr., 98:241-245.

CAPÍTULO 2

ABONOS LÍQUIDOS APLICADOS AL SUELO Y HOJAS EN EL TAMAÑO DEL FRUTO DE GUAYABO

Data de aceite: 01/03/2022

Alfonso de Luna-Jiménez
Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

José Luis Arredondo-Figueroa
Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Jorge Ramón Rocha-Ruíz
Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Jorge Martínez-de Lara
Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

José de Jesús Luna-Ruíz
Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

RESUMEN: En Calvillo, Aguascalientes, se produce guayaba dese 1824. Con el objetivo de favorecer el crecimiento de la planta y mejorar la calidad de frutos, durante 2015-2017 se condujo el experimento. Para ello, se elaboró el abono de frutas, Té de estiércol y Té de composta, cada uno se aplicó al suelo, al follaje y al suelo y follaje más un testigo, generándose 10 tratamientos, cada uno se repitió 4 veces, y se usó un arreglo completamente al azar, la unidad experimental fue un árbol de dos años de edad de la variedad "China". Las aplicaciones (1 litro/árbol) se realizaron cada 15 días. Los abonos en el suelo causaron diferencias significativas (P<0.05) en Da, MO y N. El P se incrementó con los tratamientos aplicados al suelo y foliares y El K, Ca y Mg, resultaron excesivos. En la solución del suelo el TéCS aumentó en 3.5 mg/kg, el N y el Na en 16.45 mg/kg. En hojas el Na incrementó en 57.4 mg/kg y en fruto los tratamientos TéEF, TéCFS y AFF aumentaron su tamaño. Se concluye que los abonos orgánicos líquidos son una buena alternativa ecológica para mejorar la fertilidad del suelo y la nutrición del guayabo.
PALABRAS CLAVE: Psidium guajava, Fertilidad, Nutrición, Abonos Orgánicos.

ABSTRACT: In Calvillo, Aguascalientes, guayaba from 1824 is produced. With the objective of favoring the growth of the plant and improving the quality of fruits, during 2015-2017 the experiment is carried out. For this purpose, the fruit allowance was made, with manure and compost, each one was applied to the soil, to the leaves and to the soil and to the soil more than one testigo, generating 10 treatments, each one was repeated 4 times, and it was used a completely random arrangement, the experimental unit was a tree from two years of age of the "China" variety. The applications (1 liter/tree) will be carried out every 15 days. The allowances in the soil caused significant differences (P<0.05) in Da, MO and N. El P if increased with the treatments applied to the soil and foliar and El K, Ca and Mg, resulted in excessive. In the suelo solution the TéCS increased to 3.5 mg/kg, the N and the Na to 16.45

mg/kg. Today, the TéEF, TéCFS and AFF treatments increased in size by 57.4 mg/kg. It is concluded that liquid organic allowances are a good ecological alternative to improve soil fertility and guayabo nutrition.
KEYWORDS: Psidium guajava, Fertility, Nutrition, Organic Allowances.

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) pertenece a la familia Myrtaceae, su área ecológica se encuentra entre los paralelos 30° de latitud al norte y sur del ecuador (Alfonso, 2014). México, es considerado centro de diversidad de la especie por la amplia variabilidad existente (Singh, *et al*., 2015). Se adapta a diversos suelos y climas, puede comportarse como árbol caducifolio y perennifolio a la vez, según la disponibilidad de agua.

El guayabo fue introducido al municipio de Calvillo, Aguascalientes en el año 1824 y en 1948 al Cañón de Juchipila, Zacatecas, actualmente se dedican al cultivo 2500 productores y se cosechan 95 mil toneladas de fruta al año, convirtiéndose en la zona productora de guayaba más importante de México con 62.6% de la superficie plantada en el ámbito nacional (Arif, *et al*., 2015).

La degradación del suelo es consecuencia directa de la labranza equivocada, como el uso desproporcionado de fertilizantes químicos, eliminación de residuos orgánicos y en consecuencia empobrecimiento del suelo en materia orgánica (Gerardo, *et al.,* 2005). La degradación química consiste en la disminución de la fertilidad del suelo y se produce cuando la entrada de nutrientes es menor a su salida por las cosechas, los incendios y las lixiviaciones (IA Ciampitti, *et al.,* 2008). La degradación física del suelo es la destrucción de la estructura por la ruptura de los agregados del suelo, los poros se sellan con material fino, dificultando la infiltración del agua (Rucks *et al*., 1994).

Existen testimonios que dan fe del efecto benéfico de los abonos orgánicos líquidos en el mejoramiento de la reserva nutritiva del suelo (Galindo*, et al*., 2007). Con la aplicación de abonos orgánicos líquidos en el cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) se han logrado excelentes resultados en la calidad y rendimiento, también en el cultivo de frijol (*Phaseolus vul*garis L.), en altura de planta a los 30 días (Ochoa, et al., 2009).

En condiciones controladas en el cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum L.) aplicaron humus líquido al suelo y a las hojas, encontrando una respuesta positiva en cuanto al contenido de materia seca en las plantas, número de foliolos, volumen radicular y el peso seco de las raíces (Castellanos & Pratt, 1981). También (Cabrera, et al., 2009) señalan que las enmiendas húmicas favorecen el enraizamiento, ya que desarrollan y mantienen un sistema radicular joven y vigoroso durante todo el ciclo de cultivo. El desarrollo radicular de la planta con aporte de enmiendas húmicas es enorme, y esto hace que el crecimiento sea mucho más rápido, debido a que absorbe más elementos nutritivos, y aumenta la producción. En este mismo sentido varios autores (Rosemary, et al., 2017) señalan el efecto

estimulante de los ácidos húmicos en la formación de raíces al acelerar la diferenciación del punto de crecimiento. Por ello, en la investigación se fijó como objetivo mejorar la fertilidad del suelo, favorecer el crecimiento de la planta y mejorar la calidad de frutos del guayabo (*Psidium guajava L.)*, en respuesta a la aplicación de abonos orgánicos líquidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características del lugar

El experimento se realizó durante 2015, 2016 y 2017 en una huerta de guayabo localizada en San Tadeo del municipio de Calvillo, Aguascalientes, México, con coordenadas 21°55´ Latitud Norte y 102°41´ Longitud Oeste, a una altitud de 1801 msnm. El clima es semi-cálido, con una precipitación media anual de 660 milímetros, de ocurrencia irregular, la temperatura media anual fluctúa entre 18 y 22 °C y una evapotranspiración potencial que alcanza valores de 2500 milímetros por año. Tradicionalmente, en esta zona se ha utilizado la extracción de agua subterránea mediante bombeo con fines de riego, pero el recurso hídrico cada año es escaso y de mediana calidad.

Selección de árboles

En la investigación se utilizaron 40 árboles de 2 años y medio de edad, plantados a una distancia de 7m x 7m con riego por micro-aspersión con dos aspersores por árbol, el gasto por emisor fue de 4 litros por hora y una frecuencia de aplicación de 1 vez por semana. En la huerta, se tomaron 10 hileras contiguas de árboles, a cada una se le asignó un tratamiento, se etiquetaron cuatro árboles uniformes y cada árbol fue una unidad experimental, se realizó la poda y al inicio se midieron las variables indicadas (Tabla 1).

Hileras	A m	DT cm	DR cm	NF	NC	NFr
1	1.92	2.5	1.8	1	9	6
2	1.91	2.8	2.0	1	17	1.5
3	1.94	1.8	1.8	11	12	0
4	2.00	2.3	1.7	2	26	4
5	1.80	2.0	1.8	1.8	17	0
6	2.00	3.0	3.0	0	8	8
7	1.90	2.6	2.7	11	39	1
8	1.80	2.5	2.7	1.5	16	36
9	1.90	2.0	1.9	0	35	4
10	2.10	2.8	3.9	1.5	21	12

Los valores indicados son el promedio de cuatro plantas. A=Altura (m), DT= Diámetro de tronco (cm), DR=Diámetro de ramas (cm), NF=Número de flores, NC=Número de cruceros y NFr=Número de frutos.

Tabla 1. Caracterización de plantas al inicio de la investigación.

Diseño de tratamientos

Fueron definidos 10 tratamientos, cada tratamiento se repitió 4 veces y se usó un diseño completamente al azar, la unidad experimental fue un árbol (Tabla 2).

Tratamiento	Clave	Descripción
1	Té ES	Té de estiércol aplicado al suelo
2	Té CS	Té de composta aplicado al suelo
3	AFS	Abono de frutas aplicado al suelo
4	Té EF	Té de estiércol aplicado al follaje
5	Té CF	Té de composta aplicado al follaje
6	AFF	Abono de frutas aplicado al follaje
7	Té ESF	Té de estiércol aplicado al suelo y follaje
8	Té CSF	Té de composta aplicada al suelo y follaje
9	AFSF	Abono de frutas aplicado al suelo y follaje
10	T	Testigo (sin aplicación)

Tabla 2. Tratamientos, clave y descripción.

Muestreo de suelo

Fueron tomadas cuatro sub-muestras de suelo en el área que cubre la copa de los árboles a la mitad de distancia del tronco a la orilla de copa, con orientación N-S y E-O a una profundidad de 0 a 20 cm, se utilizó una barrena tipo Oakfield para muestreo de suelo (38 mm diámetro por 216 mm largo), se depositó el suelo extraído sobre una manta, se mezcló manualmente y mediante cuarteos se dividió eliminando dos cuartos opuestos hasta dejar aproximadamente un kilo de muestra compuesta. En el laboratorio las muestras se extendieron sobre papel absorbente para su secado a temperatura ambiente, con buena ventilación y a la sombra. Una vez secas, se pasaron por un tamiz marca Retsch de malla 2 mm, para obtener un tamaño homogéneo de partícula. A cada muestra se le determinó las variables: pH, con medidor de mesa modelo SM-3BW rango de pH 0.00-14.00 exactitud ±0.01, en una solución suelo: agua 1:2 (p/v); CE, con conductímetro, modelo Amprobe WT-20 en término de sales solubles dS/m; CIC, por el método de acetato de amonio 1N a pH 7, en referencia a la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos. La MO por el método de Walkley-Black, N con Destilación Semimicro-kjeldahl, P método Olsen, K se cuantificó por espectrofotometría de emisión de flama, Ca y Mg se cuantificaron por Acetato de amonio 1.0 N pH 7 y espectrofotometría de absorción atómica; Fe, Cu, Zn y Mn por DTPA y Absorción Atómica y B por Fotocolorimetría de Azometina-H.

Muestreo de solución de suelo

Previo a la instalación de la sonda en campo, se le provocó vacío hasta 70-80

centibares con bomba de succión. Se sumergió la capsula en un recipiente con agua y se dejó durante 12 horas. La sonda consta de un cilindro de PVC unido a una cápsula porosa de porcelana de forma cilíndrica con terminal semiesférica, a través de la cual penetra la solución del suelo al aplicar una diferencia de presión mediante vacío. El cilindro de PVC está a su vez sellado por un tapón de goma, al que atraviesa un tubo de diámetro pequeño y paredes semirrígidas que se conectan al sistema de vacío. La muestra se recogió en botellas de plástico de 240 ml con tapa de rosca.

La toma de muestras consistió en cargar la sonda, creando una depresión de 70 cbar 24 horas antes del siguiente riego y recogiendo la muestra un momento antes del mismo. El mecanismo como la solución de suelo pasa a la cápsula, es parecido al mecanismo de absorción pasiva de las plantas, esto hace que se pueda considerar como método de referencia cuando interviene un cultivo.

Muestreo foliar

El muestreo foliar se realizó 6 meses después de la poda y abonado orgánico para garantizar un estado nutrimental adecuado de las plantas, así como apariencia vigorosa y aspecto sano; ya que no se debe utilizar plantas que hayan estado sometidas a alguna clase de estrés; para ello, se tomaron de cada planta 20 hojas recientemente maduras de la periferia y parte media de la copa de los árboles. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas para su transporte al laboratorio en una hielera, luego, se lavaron con agua destilada y secaron al ambiente, con la finalidad de eliminar cualquier residuo que pudiera interferir con el análisis químico. Posteriormente, se pesaron en una balanza Mettler Pc 4400 (el peso se expresó en gramos ± 0.01) para obtener la masa fresca (MF), y se procedió a colocarlas en una estufa a 65°C por un tiempo de 24 a 48 horas hasta obtener un peso constante y luego se molieron. Enseguida, se tomó 1 gramo de la muestra obtenida de cada planta, conformando una muestra compuesta para cada grupo, la preparación de este material (muestra molida) y los métodos analíticos empleados se realizaron según los procedimientos señalados por la A.O.A.C. Se determinó nitrógeno (N) por el método Kjeldahl, fósforo (P) por el método de Meta-vanadato-molibdato de Amonio, potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) por el método de Espectro Fotometría de Llama. Los resultados se expresaron como la concentración de minerales por masa seca (MS) (gramos de mineral/100 gramos de materia seca).

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete Minitab 17, se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para las variables con resultados significativos ($P<0.05$), las variables físico-químicas del suelo mediante la prueba $LSD_{\alpha=0.05}$ y para las variables químicas de la solución del suelo y foliares, se utilizó la prueba de Tukey, 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico de los abonos líquidos mostró que el té de estiércol resultó con mayor concentración de N, P, Ca, Na, K y Cu (mg/l); le siguió el abono de frutas con contenidos elevados de N, P, Ca, Mg, K, Fe, Mn y Zn (mg/l) y finalmente el Té de composta con excepción del contenido de Na (mg/l) fue el más pobre (Tabla 3).

Abono	N	P	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn
AF	9.7	10.9	201.3	29.5	71.5	1300.1	60.1	0.1	4.3	1.3
TéC	2.3	0.2	49.1	13.2	125.8	591.4	1.1	0.1	0.2	0.4
TéE	56.2	12.6	270.5	28.0	536.7	3285.7	5.2	0.7	0.4	0.7

AF=Abono de frutas, TéC=Té de composta, TéE=Té de estiércol. N=Nitrógeno, Micro-Kjenhdal (mg/l); P=Fósforo, Molibdato de amonio (mg/l); Ca=Calcio, Mg=Magnesio, Na=Sodio, K=Potasio, Fe=Fierro, Cu=Cobre, Mn=Manganeso y Zn=Zinc por Absorción atómica (mg/l).

Tabla 3. Análisis químico de abonos orgánicos líquidos.

Variables físico-químicas del suelo

El suelo pertenece a la clase textural arcillosa (Tabla 4); la textura es una propiedad que afecta directamente la densidad aparente, ya que a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad, como lo señala (Cogger, *et al.*, 2016).

Tratamientos	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural	Da (g/cm^3)	MO (1.6-3.5 %)	pH (6.6-7.3 moles/l)	CE dS/m
TéEF	14.4	24.0	61.6	Arcillosa	1.080 b	2.66 bcde	7.4 a	2.249 ab
TéES	18.4	22.0	59.6	Arcillosa	1.112 b	3.53 abc	7.4 a	2.274 a
TéEFS	12.4	16.0	71.6	Arcillosa	1.129 ab	3.33 abcd	7.5 a	2.201 ab
TéCF	20.4	16.0	63.6	Arcillosa	1.112 b	4.07 a	7.4 a	1.491 b
TéCS	14.4	18.0	67.6	Arcillosa	1.119 ab	3.66 ab	7.4 a	1.921 ab
TéCSF	12.4	16.0	71.6	Arcillosa	1.119 ab	2.52 cde	7.5 a	2.192 ab
AFF	6.4	22.0	71.6	Arcillosa	1.119 ab	1.98 e	7.6 a	2.268 a
AFS	20.4	20.0	59.6	Arcillosa	1.168 a	2.49 cde	7.5 a	1.506 b
AFFS	18.4	20.0	61.6	Arcillosa	1.169 a	2.32 de	7.5 a	1.884 ab
Testigo	14.4	22.0	63.6	Arcillosa	1.168 a	2.42 de	7.6 a	1.967 ab

Significancia		*	**	Ns	ns

Tratamientos: Té de estiércol foliar (TéEF); Té de estiércol suelo (TéES); Té de estiércol foliar y suelo (TéEFS); Té de composta foliar (TéCF); Té de composta suelo (TéCS); Té de composta suelo y foliar (TéCSF); abono de frutas foliar (AFF); abono de frutas suelo (AFS); abono de frutas foliar y suelo (AFFS); testigo, sin abono.

Variables físico-químicas: Arena %, Limo % y Arcilla %, *Bouyoucos*, Da=Densidad aparente (g/cm^3) *probeta,* MO=Materia Orgánica % *Walkey y Black*, pH relación 1:2 *potenciómetro*, CE=Conductividad Eléctrica dS/m *conductímetro.* Sinificancia entre tratamientos: ns= No significativo, *= Significativo (F>p 0.05) y **=Altamente significativo (F>p 0.01).

Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, de acuerdo al método $LSD_{\alpha=0.05}$ *de Fisher y una confianza de 95%.*

Tabla 4. Análisis físico-químico del suelo.

Los tratamientos causaron diferencias significativas (P<0.05) en densidad aparente (gr/cm^3) y la prueba de comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ señaló tres grupos; dentro de cada grupo los tratamientos son estadísticamente iguales y entre grupos son diferentes. El grupo (a) se integró por los tratamientos AFS, AFFS y Testigo, el grupo (ab) por los tratamientos TéEFS, TéCS, TéCSF, AFF y el grupo (b) por los tratamientos TéEF, TéES, TéCF. Lo que evidenció alta densidad aparente con el abono de frutas aplicado al suelo AFS, así como aplicado al suelo y al follaje AFFS y testigo, mientras que el resto de los abonos la redujeron (Tabla 4; Figura 1). Los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, con buena circulación de aire y agua y fácil penetración de raíces. Como lo menciona (Lordan et al., 2015) la densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con las condiciones estructurales del suelo, la agregación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso por tanto disminuye la densidad aparente. Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua.

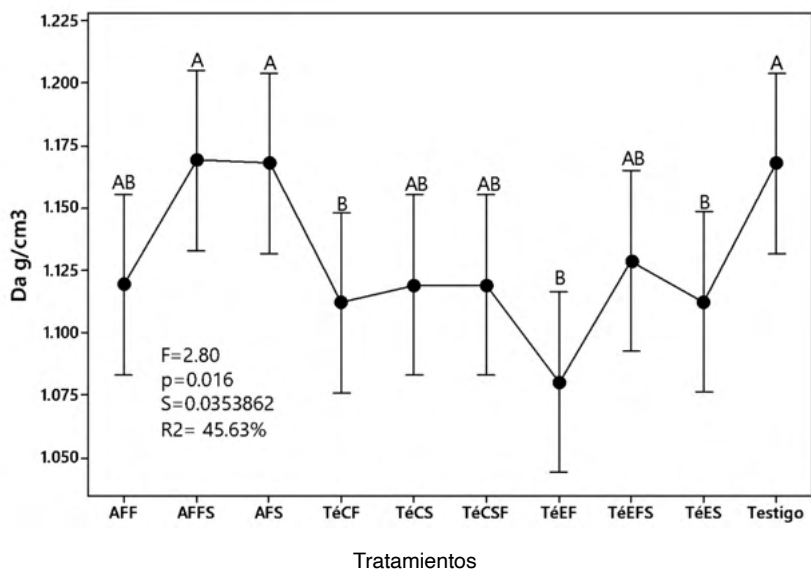



Figura 1. Variación de la densidad aparente causada por los tratamientos.

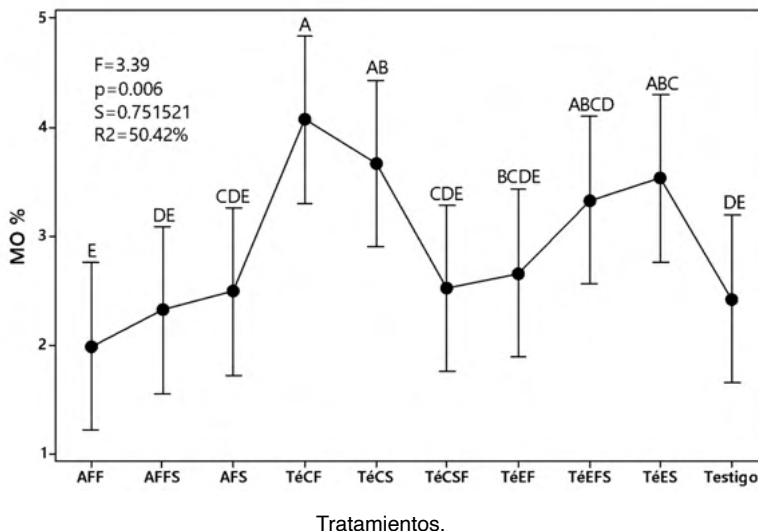
Los abonos causaron diferencias significativas (P<0.01) en el porcentaje de MO; se realizó la comparación de medias con el método $LSD_{\alpha=0.05}$, resultó la formación de ocho grupos (Tabla 4, Figura 2), el primero (a) por el tratamiento TéCF; el segundo (ab) por el tratamiento TéCS, el tercero (abc) por el tratamiento TéES, el cuarto (abcd) por el tratamiento TéEFS, el quinto (abcde) por el tratamiento TéEF, el sexto (cde) por los tratamientos TéCSF y AFS, el séptimo (de) por los tratamientos AFFS y Testigo, finalmente el octavo (e) por el tratamiento AFF. Este resultado evidenció que con excepción de los tratamientos abono de frutas aplicado al follaje AFF y abono de frutas aplicado al follaje y al suelo AFFS, en comparación al testigo los tratamientos incrementaron el porcentaje de MO en el suelo, destacando el té de composta aplicado al follaje TéCF que registró un incremento en 1.65% (Tabla 4; Figura 2). Así mismo lo confirma (Horrocks, et al., 2015) y concuerda con la (Prado & Natale, 2004), que establece un contenido medio de MO para valores que se encuentren entre 1.6- 3.5%.

Tratamientos.

Figura 2. Variación de la materia orgánica causada por los tratamientos.

En pH (moles/l) no se encontraron diferencias (P>0.05) causadas por los tratamientos (Tabla 4); sin embargo la prueba de comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ evidenció que en los abonos té de estiércol aplicado al follaje TéEF, té de estiércol aplicado al suelo TéES, té de composta aplicado al follaje TéCF y té de composta aplicado al suelo TéCS el pH, se encuentra en el rango de neutralidad 6.5 – 7.4 (moles/l) y en el resto de los tratamientos ligeramente alcalino 7.5 – 7.9 (moles/l) (Horrocks, et al., 2015).

En CE dS/m no se encontraron diferencias (P>0.05) de tratamientos, la prueba de comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ identificó tres grupos. El grupo (a) se integró por los tratamientos TéES y AFF, el (ab) por los tratamientos TéEF, TéEFS, TéCS, TéCFS, AFFS y Testigo y el (b) por los tratamientos TéCF y AFS y se demostró que el té de estiércol aplicado al follaje TéEF, incrementó la CE en 0.282 dS /m , té de estiércol aplicado al suelo TéES en 0.307 dS/m, Té de estiércol aplicado al follaje y al suelo TéEFS en 0.234 dS/m, té de composta aplicada al suelo y al follaje TéCSF en 0.235 dS/m y abono de frutas aplicado al follaje AFF en 0.301 dS/m (Tabla 4). Estos resultados indican que los abonos no causaron incrementos en las sales que puedan originar algún problema en la planta. El análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidad suficiente como para afectar la germinación normal de las semillas o la absorción de agua por parte de las plantas. La acumulación de sales solubles en el suelo se atribuye principalmente a problemas de drenaje y a la aplicación de riegos continuados, seguidos de evaporación y sequía como lo señala (Horrocks, et al., 2015).

Contenido de nutrientes en el suelo

Los abonos causaron diferencias significativas ($P<0.05$) en el contenido de N, la comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ formó cinco grupos (Tabla 5, Figura 3), el (a) se integró por el tratamiento abono de frutas aplicado al follaje y al suelo AFFS, el (ab) por el tratamiento abono de frutas aplicado al suelo AFS, el (abc) por los tratamientos abono de frutas foliar AFF y té de estiércol foliar TéEF, el (bc) por el tratamiento te de estiércol al suelo TéES y el (c) por los tratamientos té de estiércol foliar y suelo TéEFS, té de composta foliar TéCF, té de composta suelo TéCS, té de composta suelo y foliar CSF y Testigo; en comparación al testigo se evidenció que el abono de frutas aplicado al follaje y al suelo AFFS, lo incrementó en 18.27 mg/kg, abono de frutas aplicado al suelo AFS, en 16.32 mg/kg, abono de frutas aplicado al follaje AFF en 5.0 mg/kg, el Té de estiércol foliar TéEF en 8.46 mg/kg, el Té de estiércol aplicado al suelo TéES en 5.2 mg/kg y el Té de composta foliar (TéCF) en 1.03 mg/kg. Estos resultados sugieren que es promisoria la producción orgánica (Lordan et al., 2015).

TRAT	N (10-20 mg/kg)	P (15-25 mg/kg)	K (175-280 mg/kg)	Ca (1000-2000 mg/kg)	Mg (60-180 mg/kg)	Na mg/kg
TéEF	17.09 abc	12.54 ab	1426 ab	3095 ab	562.8 ab	121.6 a
TéES	12.21 bc	5.78 b	1305 ab	2877 ab	504.4 b	107.7 a
TéEFS	6.24 c	14.52 ab	1392 ab	3636 a	543.8 ab	152.2 a
TéCF	9.66 c	13.86 ab	1089 b	2710 b	517.1 ab	107.3 a
TéCS	8.41 c	7.42 ab	1300 ab	2835 ab	551.1 ab	158.9 a
TéCSF	8.68 c	15.34 ab	1267 b	2895 ab	536.1 ab	141.5 a
AFF	13.83 abc	11.22 ab	1861 a	3230 ab	611.1 a	177.9 a
AFS	24.95 ab	11.22 ab	1332 ab	2812 ab	463.7 b	118.4 a
AFFS	26.9 a	16.66 a	1367 ab	2867 ab	539.6 ab	109.0 a
Testigo	8.63 c	11.39 ab	1488 ab	3470 ab	536.5 ab	107.9 a
Significancia	*	ns	ns	ns	Ns	ns

…. Cont. Cuadro

TRAT	**CIC** (Cmol/kg)	**Fe** (2.5-5.0 mg/kg)	**Mn** (>2 mg/kg)	**Zn** (>1.5 mg/kg)	**Cu** (>2.0 mg/kg)	**B** (0.5-2.0 mg/kg)
TéEF	24.27 ab	9.26 ab	8.987 abc	0.3005 b	0.1925 ab	0.2800 b
TéES	22.33 ab	11.09 ab	10.50 ab	0.3985 ab	0.1895 ab	0.4000 ab
TéEFS	26.87 a	12.31 ab	9.319 abc	0.604 a	0.2140 a	0.300 b
TéCF	21.05 b	14.67 a	12.23 a	0.4080 ab	0.1710 a	0.640 a
TéCS	22.71 ab	7.28 b	6.29 bc	0.2535 b	0.1405 bc	0.2400 b
TéCSF	22.15 ab	6.676 b	4.924 c	0.2340 b	0.13000 c	0.2400 b
AFF	26.51 a	6.60 ab	4.88 c	0.2200 b	0.1450 bc	0.320 b

AFS	22.38 ab	7.47 b	6.05 bc	0.2500 b	0.1775 abc	0.1200 b
AFFS	22.54 ab	10.51 ab	8.51 abc	0.3225 b	0.1920 ab	0.1600 b
Testigo	25.82 ab	8.73 ab	8.48 abc	0.2980 b	0.1735 abc	0.220 b
Significancia	ns	ns	*	ns	ns	ns

Tratamientos: Té de estiércol foliar (TéEF); Té de estiércol suelo (TéES); Té de estiércol foliar y suelo (TéEFS); Té de composta foliar (TéCF); Té de composta suelo (TéCS); Té de composta suelo y foliar (TéCSF); Abono de frutas foliar (AFF); Abono de frutas suelo (AFS); Abono de frutas foliar y suelo (AFFS); Testigo, sin abono.

Significancia entre tratamientos: ns=No significativo, *= Significativo (F≤ p 0.05). Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, de acuerdo al método $LSD_{\alpha=0.05}$ de Fisher y una confianza de 95 %

N= Nitrógeno total Micro-Kjenhdal (mg/kg), P=Fosforo disponible Olsen (mg/kg), K, Ca, Mg y Na intercambiable (mg/kg). CIC=Capacidad de intercambio catiónico (Cmol/kg),

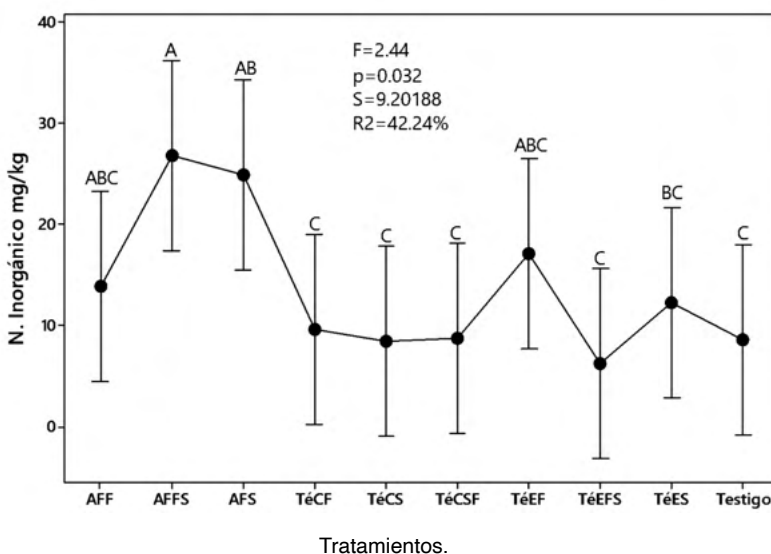
Tabla 5. Valoración de nutrientes en el suelo con la influencia de los abonos líquidos.

Tratamientos.

Figura 3. Variación de nitrógeno inorgánico en el suelo causado por los tratamientos.

El análisis de varianza no detectó diferencias (P>0.05) en contenido de P, K, Ca, Mg y Na en el suelo, sin embargo para estos elementos se realizó la comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ y para P se formaron los grupos (a) con el tratamiento AFFS, el (ab) con los tratamientos té de composta suelo y foliar TéCSF, té de estiércol suelo y foliar TéEFS, té de composta foliar TéCF, té de estiércol foliar TéEF, abono de frutas foliar AFF, abono de frutas suelo AFS, té de composta suelo TéCS y Testigo; y el (b) por el tratamiento té de estiércol suelo TéES. Las diferencias encontradas en comparación con el testigo fueron: bono de frutas foliar y suelo AFFS en 5.27 mg/ kg, el té de composta foliar y suelo TéCSF en 3.95 mg/kg, el té de estiércol foliar y suelo TéEFS en 3.13 mg/kg, el té de composta foliar TéCF

en 2.47 mg/kg y el té de estiércol foliar TéEF en 1.15 mg/kg (Tabla 5). Estos resultados se respaldan con los reportados por (Prado & Natale, 2004).

Para K se formaron los grupos (a) con el tratamiento abono de frutas foliar AFF, el (ab) con los tratamientos Testigo, té de estiércol foliar TéEF, té de estiércol foliar y suelo TéEFS, abono de frutas foliar y suelo AFFS, abono de frutas foliar AFF, té de estiércol suelo TéES, abono de frutas suelo AFS y té de composta suelo TéCS; y el (b) por el tratamiento té de composta foliar TéCF; y se evidenció con respecto al testigo, que el abono de frutas foliar AFF, lo incrementó en magnitud de 373 mg /kg (Tabla 5).

Para Ca, se formaron los grupos (a) por el tratamiento TéEFS, el (ab) por los tratamientos AFF, TéEF, Testigo, TéCSF, TéCS, TéES, AFS, y el (b) por el tratamiento TéCF; y se evidenció que el tratamiento TéEFS lo incrementó en 163 mg/kg (Tabla 5).

Para Mg, se formaron los grupos (a) por el tratamiento AFF, el (ab) por los tratamientos TéEF, TéCS, TéEFS, AFFS, TéCSF, Testigo, TéCF y el (b) por los tratamientos AFS y TéES; se evidenció que el AFF lo incrementó en 74.6 mg/kg (Tabla 5).

Para Na formó el grupo (a) al que pertenecen todos los tratamientos y se evidenció que el tratamiento AFF lo incrementó en 70 mg/kg, el TéCS en 51 mg/kg y el TéCSF en 33.6 mg /kg (Tabla 5).

Los tratamientos aumentaron el contenido de Mn ($P<0.05$) en el suelo, la prueba de comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ evidenció que el tratamiento TéCF lo incrementó en 3.75 mg/kg, también aumentó el Zn en 0.3 mg/kg y en base a un valor de suficiencia >1.5 mg/kg, se aprecia insuficiencia en el suelo, aunque el Cu aumentó ligeramente, su contenido es pobre ya que no fue >2, mientras que el B con rango de suficiencia de 0.5-2, el resultado señala que se encuentra en el límite inferior de suficiencia.

Nutrientes en la solución del suelo

La concentración de nutrientes en la solución del suelo es generalmente baja (Tabla 6), como lo refiere (Ibekwe et al., 2017) quienes evaluaron una concentración μM promedio de nutrientes en la solución en la capa arable (0-20 cm) de un suelo agrícola en: pH 7.7, K 510, Ca 1650, Mg 490, $N\text{-}NH_4$ 48, $N\text{-}NO_3$ 3100, $S\text{-}SO_4$ 590, $P\text{-}PO_4$ 1.59, Zn 0.48 y Mn 0.002.

TRAT	N (mg/l)	Na (mg/l)	**Cu** (mg/l)	**Zn** (mg/l)	**pH** (moles/l)
TéEF	14.875 bc	32.95 b	0.010 a	0.010 a	6.875 b
TéES	14.000 bc	38.70 ab	0.002 a	0.000 a	7.350 ab
TéEFS	12.070 c	48.85 a	0.005 a	0.005 a	7.675 a
TéCF	16.270 abc	36.25 ab	0.005 a	0.002 a	7.525 a
TéCS	20.300 a	43.42 ab	0.010 a	0.000 a	7.400 ab
TéCSF	16.275 abc	42.20 ab	0.005 a	0.000 a	7.675 a
AFF	15.400 abc	35.42 b	0.005 a	0.000 a	7.500 a
AFS	15.925 abc	33.93 b	0.002 a	0.000 a	7.850 a

AFFS	18.030 ab	35.00 b	0.000 a	0.000 a	7.675 a
Testigo	16.800 abc	32.40 b	0.000 a	0.007 a	7.650 a
Significancia	**	**	*	*	**

Tratamientos: Té de estiércol foliar (TéEF); Té de estiércol suelo (TéES); Té de estiércol foliar y suelo (TéEFS); Té de composta foliar (TéCF); Té de composta suelo (TéCS); Té de composta suelo y foliar (TéCSF); Abono de frutas foliar (AFF); Abono de frutas suelo (AFS); Abono de frutas foliar y suelo (AFFS); Testigo, sin abono.

N= Nitrógeno (mg/l), Na=Sodio (mg/l), Cu=Cobre (mg/l), Zn= Zinc (mg/l), y pH (moles/l). Significancia,*= Significativo; **=Altamente significativo (F≤ p 0.05). *Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, de acuerdo al* método $LSD_{\alpha=0.05}$ *de Fisher y una confianza de 95 %.*

Tabla 6. Contenido de nutrientes en la solución del suelo.

Los tratamientos contribuyeron en el contenido de N (P<0.01), la prueba de comparación de medias $LSD_{\alpha=0.05}$ evidenció que el tratamiento TéCS, con respecto al testigo incrementó la concentración en 3.5 mg/l, y Na también aumentó (p<0.01), señalando que el tratamiento TéEFS lo incrementó en 16.45 mg/l (Tabla 6, Figuras 4 y 5).

Tratamientos.

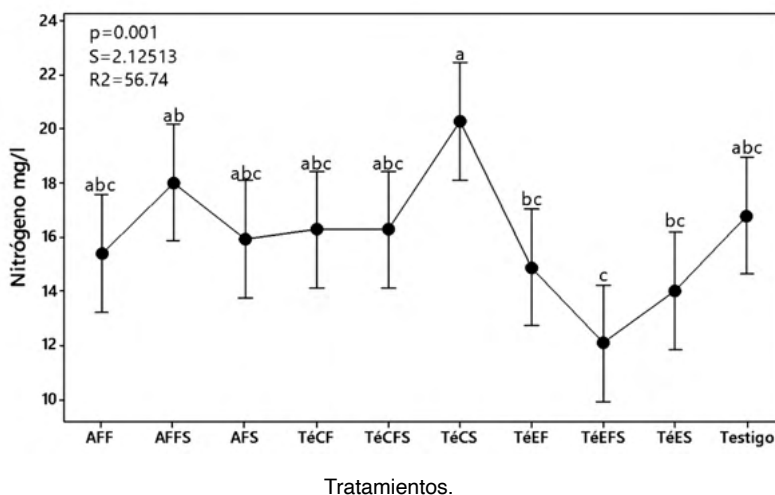



Figura 4. Contenido de Nitrógeno en la solución del suelo.

Tratamientos.

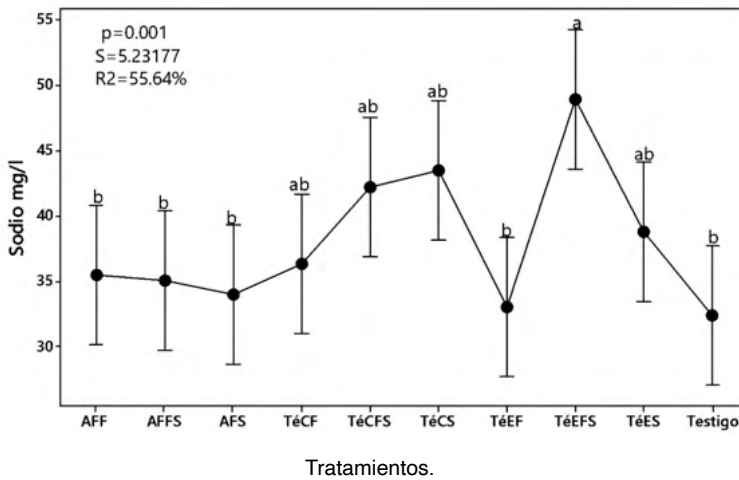



Figura 5. Contenido de Sodio en la solución del suelo.

Los nutrientes son transportados por el agua hacia la cercanía de las raíces por flujo de masa, la fuerza motriz es la transpiración de la planta. La cantidad de nutriente transportada es el resultado del volumen de solución (V_0) multiplicado por la concentración del nutriente en la solución (C_L) FM = V_0* C_L. Para que este mecanismo sea eficiente, la cantidad de nutriente requerida debe ser pequeña o la concentración del nutriente en la solución debe ser muy alta. El Mg, el $N\text{-}NO_3^-$ y el $S\text{-}SO_4^{2-}$ se absorben mayoritariamente por este mecanismo. Una vez que llegan a la superficie puede ocurrir que la planta absorba el agua pero no los nutrientes, los cuales se acumulan y pueden precipitar.

Efecto de los tratamientos en el contenido nutrimental en hojas de guayabo

Las plantas responden a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos, al ser aplicados al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de raíces e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando sustancialmente la producción y calidad de la cosecha (Prado & Natale, 2004).

(Chetri, et al., (1999) encontraron que el contenido foliar de N y K fue bajo en el transcurso de la estación de crecimiento y se incrementaron en Agosto llegando al máximo de Septiembre a Diciembre, sin efectos significativos en contenido foliar de P, con algunas excepciones, el contenido de Mg exhibió un comportamiento similar al Ca. Las hojas de Allavad Safeda mostraron contenidos marcadamente altos de K, Ca y Mg en cv Luknow-49.

En guayabo (*Psidium guajava* L.), como en otras especies, la composición nutrimental de las hojas varía con la edad y la posición de las mismas en los brotes, el tipo de brote (vegetativo o reproductor) y el estado fenológico del árbol. Por ejemplo, los valores de N, P, K, Zn y Cu en hojas de guayabo disminuyen a medida que la hoja aumenta de edad, y Ca, Mg y Mn se incrementan, pero se estabilizan a los cinco meses de edad (Hundal, et al., 2007). Con la finalidad de realizar un diagnóstico preliminar y derivar

niveles críticos y rangos de suficiencia de nutrientes en la hojas de guayabo, (de Oliveira, et al., 213) encontraron que los nutrientes limitantes por deficiencia en orden decreciente fueron: N>Cu>P=K>Mn>Fe=Zn>S>B=Mg>Ca, y los elementos limitantes por exceso en orden decreciente fueron: B>Ca>Fe>Mn>S>Mg>Cu>P>Zn>N=K. Los rangos de índices apropiados DRIS fueron: N(24-48), P(2.4-3.1), K(21-29), Ca(6-8), Mg(1.9-2,9) y S(1.9-2,3) g/kg respectivamente (Antunes, et al.,2016) . Otros investigadores reportaron que los rangos de suficiencia de los nutrientes derivados de las normas DRIS fueron: N (1.41-1.65%), P (0.10-0.17%), K (0.51-0.97%), Ca (1.16-2.12%), Mg (0.31-0.51%) y S (0.18-0.28%) (Hundal et al., 2007).

Tratamientos	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Mn
	%	%	%	%	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
TéEF	0.17 ab	1.60 a	0.21 a	1.09 a	83.30a	4.55a	48.78 a
TéES	0.17 ab	1.10 ab	0.16 a	1.05 a	80.88a	4.27a	36.15 a
TéEFS	0.15 b	0.96 ab	0.17 a	1.18 a	78.35a	5.07a	36.80 a
TéCF	0.14 b	1.10 ab	0.19 a	0.94 ab	106.5a	5.25a	59.4 a
TéCS	0.13 b	0.89 ab	0.17 a	1.02 ab	82.1a	3.95a	42.13 a
TéCSF	0.19 ab	0.90 ab	0.17 a	1.05 a	72.10a	4.95a	48.45 a
AFF	0.15 b	0.76 b	0.18 a	0.98 ab	73.13a	4.25a	39.83 a
AFS	0.15 b	0.74 b	0.18 a	0.69 b	93.3a	4.62a	40.50 a
AFFS	0.19 ab	0.86 ab	0.17 a	0.68 b	129.4a	4.25a	54.85 a
Testigo	0.23 a	1.16 ab	0.20 a	0.68 b	78.03a	4.82a	59.63 a

Tratamientos: TéEF=Té de Estiércol Foliar; TéES=Té de Estiércol Suelo; TéEFS=Té de estiércol Foliar y Suelo; TéCF=Té de Composta Foliar; TéCS=Té de composta Suelo; TéCSF=Té de Composta Suelo y Foliar; AFF=Abono de Frutas Foliar; AFS=Abono de Frutas Suelo; AFFS=Abono de frutas Foliar y Suelo; Testigo=Sin abono. P (Vanado-molibdato); Ca, Mg, K, Fe, Cu y Mn (Absorción Atómica).

Rangos de suficiencia: P (0.168-0.236 %); Ca (0.60 - 1.27 %); Mg (0.35 - 0.50 %); K (1.20 to 1.67 %); Fe (114 - 178 mg/kg); Cu (6-12 mg/kg). Mn (34 - 77 mg/kg).

Tabla 7. Efecto de los abonos líquidos en el contenido nutrimental en hojas de guayabo.

Los abonos no incrementaron el contenido de P en las hojas, los resultados señalan porcentajes inferiores al testigo, sin embargo se detectaron diferencias significativas ($F_{0.05}$=3.05>p=0.010) entre los tratamientos y la comparación de medias (Tukey, $_{0.05}$) formó tres grupos: (a), (ab) y (b). De acuerdo al diagnóstico del balance de nutrientes DRIS, en los grupos (a) y (ab) el contenido foliar de P se encontró en el rango de suficiencia (0.168 - 0.236%) con los tratamientos: Testigo, AFFS, TéCSF, TéES y TéEF e insuficiente en el grupo (b) con los tratamientos TéEFS, TéCF, TéCS, AFF y AFS (Tabla 7).

En Ca foliar su contenido se encontró dentro del rango de suficiencia (0.60-1.27%) reportado por (Anjaneyulu & Raghupathi, 2009), destacando el tratamiento TéEF bajo el cual se registró un contenido excesivo, al superar en 44% al testigo.

En Mg, no se evidenció efecto de tratamientos, en todos los casos fue insuficiente para satisfacer los requerimientos dela planta.

Los abonos no incrementaron el contenido de K en las hojas, sin embargo se detectaron diferencias significativas ($F_{0.05}$=6.80>p=0.000) entre los tratamientos y la comparación de medias (Tukey, $_{0.05}$) formó tres grupos: (a), (ab) y (b). De acuerdo al diagnóstico del balance de nutrientes DRIS, señalado por Anjaneyulu & Raghupathi, 2009, el contenido foliar fue inferior al óptimo (1.20 to 1.67 %).

En la tabla 7, se aprecia que en el contenido foliar de P, Mg, Fe, Cu y Mn no contribuyeron los abonos. En P, la prueba de comparación de medias de Tukey, 0.05, señala diferencias entre tratamientos, pero el valor más alto corresponde al testigo (sin abono), este resultado informa que en las hojas los valores de concentración se encuentran próximos al límite inferior del rango de suficiencia (0.14-0.18 %). En Ca el tratamiento té de estiércol aplicado al follaje (TéEF) aumentó en 0.44 %. En K el tratamiento té de estiércol aplicado al follaje (TéEF), incrementó en 0.41 %, el tratamiento té de estiércol aplicado al suelo (TéES) en 0.39 %, el té de estiércol aplicado al suelo y al follaje (TéEFS) en 0.50 %, el té de composta aplicado al follaje (TéCF) en 0.26 %, el té de composta aplicado al suelo (TéCS) en 0.34 %, el té de composta aplicado al follaje y al suelo (TéCSF) en 0.37 % y el abono de frutas aplicado al follaje (AFF) en 0.30 %. En Na el tratamiento abono de frutas aplicado al follaje (AFF), incrementó en 57.4 mg/kg. Estos resultados en apariencia contradictorios se deben a la época de muestreo, la que se realizó en la etapa de floración ya que en la época de fructificación del guayabo, los valores de K son bajos, lo que se atribuye a su movilización hacia los frutos, también se han observado tendencias similares de N, P y K en plantas de esta especie, porque sus valores son más altos en los brotes fructíferos que en los vegetativos. El contenido foliar de K, Ca y Mg también varía entre fechas, de manera que al disminuir K, se incrementa Ca y, en menor grado, Mg (Da Silva, et al., 2016). Para guayabo, se recomienda muestrear entre el tercer y quinto nudo a partir del ápice, mientras que (Bharat & Das, 2017)2017 indicaron que deben muestrearse hojas de cuatro a ocho meses de edad de la parte media de los brotes vegetativos. Por otro lado, los resultados obtenidos se fundamentan en los valores óptimos de nutrimentos, pero sin considerar las condiciones de clima, suelo y fuente nutrimental con la que se generaron los intervalos, por lo que estas recomendaciones pueden variar entre sitios y autores.

Referencia	N%	P%	K%	Ca%	Mg%
1	1.41-1.65	0.10-0.17	0.51-0.97	1.16-2.12	0.31-0.51
2	1.42-2.31	0.092-0.134	0.32-0.66	1.70-3.40	0.19-0.32
3	1.69-2.19	0.168- 0.236	1.20- 1.67	0.60-1.27	0.35-0.50
4	1.8-2.0	0.12-0.16	1.46-2.08	1.13-1.69	0.25-0.31

1= (Hundal et al., 2007); 2=(Beyhan, Bozkurt, & Boysal, 2011); 3= Anjaneyulu & Raghupathi, 2009; 4=(Kotur, Ramkumar, & Singh, 1997).

…….. Continuación cuadro anterior.

Referencia	S%	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg
1	0.18-0.28	105-153	58-110	15-29	6-16
2	--	70-148	18-63	6.70-11.10	1.32-2.88
3	0.29-0.47	114- 178	34-77	29- 41	6-12

1= (Hundal et al., 2007); 2=(Beyhan, Bozkurt, & Boysal, 2011); 3= Anjaneyulu & Raghupathi, 2009.

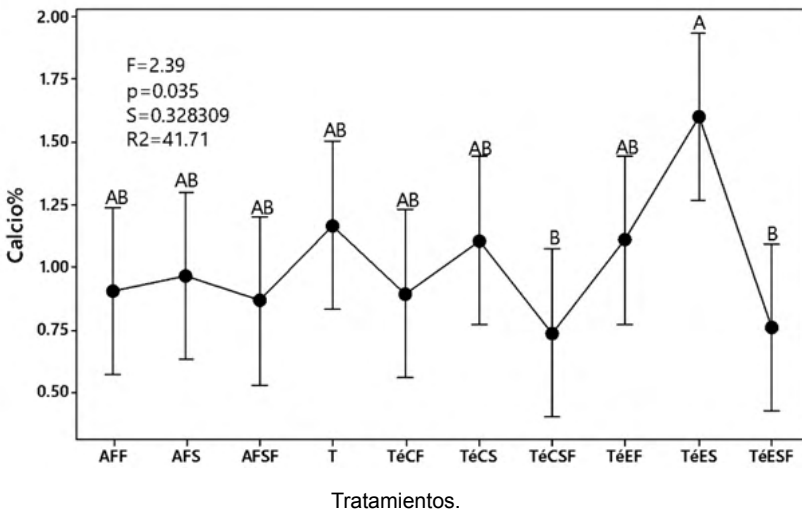
Tabla 8. Rangos de suficiencia nutrimental derivados de las normas DRIS reportados por varios autores.

Tratamientos.

Figura 6. Contenido de Calcio en las hojas.

Tratamientos	P%	Ca%	Mg%	K%	Fe mg/ kg	Cu mg/ kg	Mn mg/ kg
TéEF	D	E	B	B	B	B	O
TéES	D	O	B	B	B	B	O
TéEFS	B	O	B	B	B	B	O
TéCF	B	O	B	B	B	B	O
TéCS	B	O	B	B	B	B	O
TéCSF	O	O	B	B	B	B	O
AFF	B	O	B	B	B	B	O
AFS	B	O	B	B	B	B	O

AFFS	O	O	B	B	O	B	O
Testigo	O	O	B	B	B	B	O

B=bajo (valor más pequeño al límite inferior del rango de suficiencia), D=deficiente (valor en el límite inferior del rango de suficiencia), O=óptimo (valor dentro del rango de suficiencia), A=alto (valor en el límite superior del rango de suficiencia) y E=excesivo (valor superior al rango de suficiencia).

Tabla 9. Efecto de los abonos líquidos en el balance nutrimental en hojas de guayabo (*P. guajava*).

Trat.	**FH**	**MH**	**FA**	**FB**	**LP**	**PH**	**LH**	**AH**	**L/A**	**L*A**
TéEF	1.65 ab	3.63 a	3.9 ab	1.6 bcde	0.6 b	1.553 a	11.4 a	5.4 a	2.2 a	62.3 a
TéES	1.75 ab	4.11 a	4.1 a	2.4 abcd	0.7 b	1.032 d	10.0 cd	4.5 c	2.2 a	46.7 d
TéEFS	1.56 ab	3.90 a	4.1 a	1.2 e	0.6 b	1.201 cd	9.6 d	4.9 abc	2.1 a	47.9 cd
TéCF	1.59 ab	3.90 a	3.9 ab	2.6 abc	0.6 b	1.307 bc	10.3 bcd	4.9 bc	2.1 a	52.4 bcd
TéCS	2.82 ab	3.88 a	3.8 ab	2.0 abcd	0.6 b	1.170 cd	10.4 bcd	4.8 bc	2.3 a	50.2 cd
TéCSF	2.10 a	3.65 a	3.4 b	1.7 bcde	1.7 a	1.481 ab	11.1 ab	5.2 ab	2.1 a	59.1 ab
AFF	2.25 b	3.56 a	3.9 ab	2.6 ab	0.7 b	1.245 cd	10.8 abc	5.1 ab	2.2 a	55.8 abc
AFS	1.71 ab	3.80 a	3.5 ab	2.8 a	0.6 b	1.218 cd	10.7 abc	4.9 bc	2.2 a	52.9 bcd
AFFS	1.65 ab	3.61 a	3.6 ab	1.5 cde	0.8 ab	1.236 cd	10.4 bcd	4.7 bc	2.2 a	50.6 cd
Testigo	2.14 a	3.68 a	3.4 b	1.4 de	0.7 b	1.363 abc	10.9 ab	5.0 ab	2.2 a	55.7 abc

FH=Forma de hoja, (1. Elíptica 2. Oblonga, 3. Lanceolada, 4. Oval, 5. Obovada, 6. Trapezoide); MH=Margen de hoja (1=Ondulada, 2= Sinuada, 3=Equilibrada, 4=Recta o plana, 5=Ligeramente curva, 6=Doblada); FA=Forma del ápice (Obtusa, 2. Apiculada, 3. Acuminada, 4. Aguda, 5. Redonda); FB=Forma de la base 1= Redonda, 2= Oblicua, 3=Aguda, 4=Atenuada, 5=Cordada), LP=Largo del pecíolo (cm). PH=peso de hoja (g), LH=Longitud de hoja (cm), AH=Ancho de hoja (cm), L/A=Relación largo/ancho de hoja, L*A= Área foliar (cm^2).

Variables morfológicas en hojas de guayabo.

Tabla 10. Efecto de los abonos líquidos en la forma de las hojas de guayabo.

La forma de la hoja (FH) fue elíptica en los tratamientos: Te de estiércol foliar (TéEF), Té de composta Foliar (TéCF) y abono de frutas foliar (AFF) y Oblonga en los tratamientos: Té de estiércol al suelo (TéES), Te de estiércol Foliar y suelo (TéEFS), Te de composta al suelo (TéCS), Te de composta suelo y Foliar (TéCSF), Abono de frutas al suelo (AFS), Abono de frutas foliar y Suelo (AFFS) y Testigo (sin abono). El margen de hoja (MH) fue plano en todos los tratamientos. La forma del ápice (FA) fue aguda. La forma de la base (FB) redonda y el largo del pecíolo (LP) resultó inferior a 1 cm. El peso de hojas (PH) varió en el rango de 1.032 g (TéES) a 1.553 g (TéEF). La longitud de la hoja (LH) fue grande (> a 10 cm), existiendo correspondencia con el ancho de la hoja (AH), el cociente de la relación largo-ancho (L/A) de hoja se tomó como indicador de la forma de la hoja, quedando en la categoría de mediana (mayor o igual a 1.5 cm y menor o igual a 3.0 cm) resultando mediana en todos los casos. El área foliar se estimó multiplicando el largo por ancho (L*A), resultando que quedaron comprendidas en el rango de 46.7 (TéES) a 59.1 cm^2 (TéCSF).

Tamaño del fruto

Para la clasificación por tamaño del fruto se usó la siguiente categorización: Extra (ϴ ≥ 5.3 cm), Primera (ϴ ≥ 4.3 y ϴ ≤ 5.3 cm.), Segunda (ϴ > 3 cm., y ϴ ≤ 4.2 cm.) y Tercera (ϴ < 3 cm.). En el cuadro 7, se aprecia que los tratamientos Té de estiércol foliar (TéEF), Té de composta suelo y foliar (TéCSF) y abono de frutas foliar (AFF), produjeron frutos de tamaño extra. Los tratamientos: abono de frutas filiar y suelo (AFFS), Testigo (sin abono), abono de frutas al suelo (AFS) y Té de estiércol foliar y suelo (TéEFS) produjeron frutos de tamaño primera.

Tratamiento	P/F (g)	DP (cm)	DE (cm)	Categoría
TéEF	100.1 a	6.250 a	5.525 a	Extra
TéES	ND	ND	ND	ND
TéEFS	58.6 a	5.225 a	4.694 ab	Primera
TéCF	38.0 a	3.800 a	3.700 b	Segunda
TéCS	ND	ND	ND	ND
TéCSF	116.9 a	6.771 a	5.786 a	Extra
AFF	108.5 a	6.612 a	5.738 ab	Extra
AFS	62.7 a	6.300 a	4.733 ab	Primera
AFFS	74.0 a	5.633 a	5.067 ab	Primera
Testigo	73.3 a	5.793 a	4.962 ab	Primera

Té de Estiércol Foliar (TéEF) Té de Estiércol Suelo (TéES); Té de estiércol Foliar y Suelo (TéEFS); Té de Composta Foliar (TéCF; Té de composta Suelo (TéCS; Té de Composta Suelo y Foliar (TéCSF); Abono de Frutas Foliar (AFF); Abono de Frutas Suelo (AFS); Abono de frutas Foliar y Suelo (AFFS y Sin abono (Testigo). Peso por fruto P/F (g), diámetro polar DP (cm), diámetro ecuatorial DE (cm). ND= No determinado.

Tabla 11. Efecto de los abonos líquidos en el tamaño del fruto de guayaba.

REFERENCIAS

ALFONSO PARRA-CORONADO, (2014) Efecto de las condiciones climáticas en el crecimiento y calidad poscosecha del fruto de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía, Escuela de posgrados Bogotá, Colombia.

Antunes, L. F. D., Scoriza, R. N., da Silva, D. G., & Correia, M. E. F. (2016). Production and efficiency of organic compost generated by millipede activity. *Ciencia Rural, 46*(5), 815-819. Retrieved May, from

Arif, I., Chaudhary, L. C., Agarwal, N., & Kamra, D. N. (2015). Effect of Plant Containing Secondary Metabolites on In vitro Methane Production and Feed Fermentation with Buffalo Rumen Liquor. *Animal Nutrition and Feed Technology, 15*(2), 189-196. Retrieved May, from Article database.

Bharat, T. V., & Das, D. S. (2017). Physicochemical approach for analyzing equilibrium volume of clay sediments in salt solutions. *Applied Clay Science, 136*, 164-175. Retrieved Feb, from Castellanos, J. Z., & Pratt, P. F. (1981). MINERALIZATION OF MANURE NITROGEN - CORRELATION WITH LABORATORY INDEXES. *Soil Science Society of America Journal, 45*(2), 354-357. Article database.

Cabrera Torres, E. J., Sosa Rubio, E. E., Castellanos Ruelas, A. F., Gutiérrez Baeza, Á. O., & Ramírez Silva, J. H. (2009). Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México. *Veterinaria México, 40*, 167-179.

Cogger, C. G., Bary, A. I., Myhre, E. A., Fortuna, A. M., & Collins, D. P. (2016). Soil Physical Properties, Nitrogen, and Crop Yield in Organic Vegetable Production Systems. *Agronomy Journal, 108*(3), 1142-1154. Retrieved May-Jun, from

Chetri, K., Sanyal, D., & Kar, P. L. (1999). Changes in nutrient element composition of guava leaves in relation to season, cultivar, direction of shoot, and zone of leaf sampling. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 30*(1-2), 121-128. Retrieved Jan, from

Da Silva, E. F., De Araujo, R. L., Martins, C. D. R., Martins, L. S. S., & Veasey, E. A. (2016). DIVERSITY AND GENETIC STRUCTURE OF NATURAL POPULATIONS OF ARACA (Psidium guineense Sw.). *Revista Caatinga, 29*(1), 37-44.

de Oliveira, F. T., Hafle, O. M., Mendonca, V., Moreira, J. N., & Mendonca, L. F. D. (2013). SOURCES AND PROPORTIONS OF ORGANIC MATERIALS ON SEED GERMINATION AND GROWTH OF GUAVA SEEDLINGS. *Revista Brasileira De Fruticultura, 35*(3), 866-874. Retrieved Sep, from

Galindo, Jerónimo, Spaans, & Weil, 2007. LOS ABONOS LÍQUIDOS FERMENTADOS Y SU EFECTIVIDAD EN PLÁNTULAS DE PAPAYA Tierra Tropical 3 (1): 1-6 ISSN: 1659-2751.

Gerardo Agustín Sanzano; Roberto Daniel Corbella; José Ramón García y Guillermo Salvador Fadda (2005). Degradación física y química de un haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán

Horrocks, A., Curtin, D., Tregurtha, C., & Meenken, E. (2016). Municipal Compost as a Nutrient Source for Organic Crop Production in New Zealand. *Agronomy-Basel, 6*(2). Retrieved Jun, from

Hundal, H. S., Singh, D., & Singh, K. (2007). Monitoring nutrient status of guava fruit trees in Punjab, northwest India through the Diagnostic and Recommendation Integrated System approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 38*(15-16), 2117-2130

Ibekwe, A. M., Ors, S., Ferreira, J. F. S., Liu, X., & Suarez, D. L. (2017). Seasonal induced changes in spinach rhizosphere microbial community structure with varying salinity and drought. *Science of the Total Environment, 579*, 1485-1495. Retrieved Feb, from

Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García (2008). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundario. IPNI Cono Sur. Av Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Lordan, J., Pascual, M., Villar, J. M., Fonseca, F., Papio, J., Montilla, V., et al. (2015). Use of organic mulch to enhance water-use efficiency and peach production under limiting soil conditions in a three-year-old orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research, 13*(4). Retrieved Dec, from

Ochoa-Martínez et al., 2009 Red neuronal artificial en respuesta a predicciones de parámetros de transferencia de masa (pérdida de humedad y ganancia de sólidos) durante la deshidratación osmótica de frutas Acta Agronómica, Vol. 65, Núm. 4.

Prado, R. D., & Natale, W. (2004). Effect of the liming on the nutrition and the development of the guava root system. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 39*(10), 1007-1012. Retrieved Oct, from

Rosemary, F., Vitharana, U. W. A., Indraratne, S. P., Weerasooriya, R., & Mishra, U. (2017). Exploring the spatial variability of soil properties in an Alfisol soil catena. *Catena, 150*, 53-61. Retrieved Mar, from

Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, & Hill, 1994

Singh, D., Gill, M. I. S., Boora, R. S., & Arora, N. K. (2015). Genetic diversity analysis in guava (Psidium guajava) on the basis of morphological and physico-chemical traits. *Indian Journal of Agricultural Sciences, 85*(5), 678-683. Retrieved May, from

CAPÍTULO 3

EFECTIVIDAD AGROBIOLÓGICA DEL FRIJOL DOLICHOS (*Lablab purpureus* L.) EN EL CULTIVO DE TOMILLO (*Thymus vulgaris* L.)

Data de aceite: 01/03/2022

Francisco Higinio Ruiz Espinoza
Doctor en Ciencias por la Universidad Juárez del Estado de Durango
Doctor Honoris Causa por la OIICE, Dr. en Educación por el INAEC
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, Baja California Sur, México.
https://orcid.org/0000-0002-0815-3007

Pablo Castro Gonzalez
Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma de Baja California Sur
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, Baja California Sur, México.

Juan José Reyes Pérez
Doctor en Ciencias por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo, Los Ríos, Ecuador
https://orcid.org/0000-0001-5372-2523

Félix Alfredo Beltrán Morales
Doctor en Ciencias por el Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, Baja California Sur, México.
https://orcid.org/0000-0002-9446-3916

Sergio Zamora Salgado
Doctor en Ciencias por la Universidad Agraria de la Habana
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, Baja California Sur, México.
https://orcid.org/0000-0001-6534-4662

José Guadalupe Loya Ramírez
PhD por la New Mexico State University
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, Baja California Sur, México.
https://orcid.org/0000-0001-5020-7673

RESUMEN: La planta de tomillo es una hierba aromática que puede llegar a crecer a una altura máxima de 50 cm. En la actualidad tiene distintos usos, en fresco o en seco, siendo uno de los principales como condimento gastronómico y la extracción de su aceite esencial. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis de crecimiento y acumulación de biomasa de plantas de tomillo, mismas que se establecieron en condiciones de ambiente natural en la parcela orgánica del campo agrícola de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Para el estudio se realizaron 6 muestreos con intervalos de tiempos de 20 días. El experimento se desarrolló en un suelo Yermósol Háplico (FAO-UNESCO, 1999). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981) para condiciones de México, la ciudad de La Paz, presenta un clima BW(h’) h w (e), es decir, seco desértico, cálido. Los parámetros del crecimiento evaluados fueron el área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN) y de masa seca y área de proyección. Se realizaron análisis estadísticos mediante el Statistica 6.0, con base en un diseño de bloques completos al azar. Se determinaron las variables de crecimiento teóricas, donde el IAF alcanzó un crecimiento determinado a los 70 días, por su parte la TAN

máxima se alcanzó a los 90 días con 8.8 g cm^{-2} dia^{-1}, a su vez la TRC, logró su máxima expresión a los 90 días, por lo que la máxima ganancia de biomasa en el área de superficie ocupada por la planta fue de 7 g dia^{-1} a los 90 días, mientras que la máxima expresión del cociente del área foliar se logró a los 50 días, a asimismo el cociente de peso foliar del peso de se incremento hasta los 90 días, por otro lado la máxima relación vástago/raíz se logró a los 90 días, mientras que la DAF logró su máxima expresión a los 90 días después del trasplante, por lo que podemos concluir que el tomillo por tener su sistema de vástago permaneció en condición de ambiente natural, en un lugar donde los factores y elementos del clima que intervienen en su crecimiento oscilan en rangos diferentes.
PALABRAS CLAVE: Zonas áridas, biomasa, crecimiento, producción.

EFICÁCIA AGROBIOLÓGICA DO FEIJÃO DOLICHOS (*Lablab purpureus L.*) NA CULTURA DE TOMILHO (*Thymus vulgaris L.*)

RESUMO: O tomilho é uma erva aromática que pode atingir uma altura máxima de 50 cm. Atualmente tem diversos usos, frescos ou secos, sendo um dos principais como condimento gastronômico e na extração de seu óleo essencial. O objetivo da pesquisa foi realizar uma análise do crescimento e acúmulo de biomassa de plantas de tomilho, que foram estabelecidas em condições ambientais naturais na parcela orgânica do campo agrícola da Universidade Autônoma de Baja California Sur. Para o estudo, foram retiradas 6 amostras com intervalos de tempo de 20 dias. O experimento foi desenvolvido em solo de Yermósol Háplic (FAO-UNESCO, 1999). De acordo com a classificação climática de Köppen, modificada por García (1981) para as condições do México, a cidade de La Paz tem um clima BW(h') h w(e), ou seja, desértico quente e seco. Os parâmetros de crescimento avaliados foram área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento relativo (TRC), taxa de assimilação líquida (TAN) e massa seca e área de projeção. As análises estatísticas foram realizadas usando Statistica 6.0, com base em um delineamento de blocos completos ao acaso. Foram determinadas variáveis teóricas de crescimento, onde o IAF atingiu um certo crescimento aos 70 dias, enquanto o TAN máximo foi atingido aos 90 dias com 8,8 g cm-2 dia-1, por sua vez o CRT, atingiu sua expressão máxima aos 90 dias, então o ganho máximo de biomassa na área de superfície ocupada pela planta foi de 7 g dia-1 aos 90 dias, enquanto a expressão máxima da razão de área foliar foi alcançada aos 50 dias, da mesma forma a razão de peso de folha do peso de aumentou até 90 dias, por outro lado, a relação caule/raiz máxima foi alcançada aos 90 dias, enquanto o DAF atingiu sua expressão máxima aos 90 dias após o transplante. Pelo que podemos concluir que o tomilho, devido ao seu sistema de caule, manteve-se em condição de ambiente natural, num local onde os fatores e elementos do clima que intervêm no seu crescimento oscilam em diferentes amplitudes.
PALAVRAS-CHAVE: Zonas áridas, biomassa, crescimento, produção.

AGROBIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF DOLICHOS BEANS (*Lablab purpureus* L.) IN THE CROP OF THYME (*Thymus vulgaris* L.)

ABSTRACT: Plant Thyme is an aromatic herb that can grow to a maximum height of 50 cm. Currently, it has various uses, in fresh or dry, is one of the main and gourmet seasoning and

extraction of essential oil. The research aimed to analyze the growth and accumulation of biomass plant thyme, the same that were established in conditions of the natural environment in the organic plot of an agricultural field. O The experiment was conducted in a soil yermosol Háplico (FAO-UNESCO, 1999). According to the Koppen climate classification, modified by García (1981) for conditions of Mexico, the city of La Paz, it presents a BW (h ') h w (e), ie desert dry, warm weather. Growth parameters evaluated were leaf area (AF), leaf area index (LAI), relative growth rate (TRC), net assimilation rate (NAR), and dry mass and projection area. Statistical analyzes were performed using Statistica 6.0, based on a design of a randomized complete block. the variables of theoretical growth, where the IAF reached a certain growth at 70 days, by your TAN maximum part was reached at 90 days with 8.8 g cm-2 day-1, turn the TRC, it determined achieved its maximum expression at 90 days, so the maximum gain of biomass in the surface area occupied by the plant was 7 g day-1 to 90 days, while the maximum expression of the ratio of leaf area was achieved at the 50 days, also the ratio of leaf weight was increased to 90 days, on the other hand, the maximum stem/root ratio was achieved at 90 days, while the DAF achieved its maximum expression at 90 days after transplant, so we can conclude that thyme to have their stem system condition remained natural environment, in a place where the climate factors and elements involved in its growth vary in different ranges.
KEYWORDS: Arid zones, biomass, growth, production.

INTRODUCCIÓN

El tomillo (*Thymus vulgaris* L.) es una especie perteneciente a la familia *Lamiaceae*, arbusto enano perenne (Omidbaigi y Arjmandi, 2002) cuya parte útil son las hojas y tallos (Naghdi Badi *et al*., 2004).

El uso de las plantas aromáticas ofrece agradables aromas y sabores en los alimentos, alivian el dolor y curan enfermedades (Craker, 2007). Este interés se debe a las características aromáticas, terapéuticas y de conservación (Sangwan *et al*., 2001). Las plantas aromáticas son de gran importancia económica y comercial para el mundo. La planta de tomillo tiene gran demanda para uso culinario tanto en fresco como en seco, así como la utilización de sus aceites esenciales en la industria (Acevedo *et al*., 2004). La importancia económica de las plantas aromáticas se debe a la generación de capital por su producción y mercado a nivel mundial y nacional (CCI, 2007).

El conocimiento de las plantas medicinales y aromáticas se extiende a cualquier parte del mundo donde el hombre tradicionalmente ha necesitado de ellas para curar sus dolencias o enfermedades. Las diferentes culturas a través de la historia han creado todo un conocimiento de remedios vegetales que ha constituido la base de la medicina moderna (Font Quer, 1979). Considerando que el cultivo de plantas aromáticas y medicinales supone una alternativa a los cultivos tradicionales, es necesario poner a punto las técnicas de cultivo y transformación de aquellas especies que tienen una mayor demanda en el mercado. En las especies del género *Thymus* su importancia reside en el contenido elevado que poseen en ácidos fenólicos y flavonoides (Martínez, 1980).

En México, el tomillo se cultiva en los Estados de Puebla, San Luis Potosí y Baja California Sur, con una superficie cultivada de 11.25 ha (2.0, 4.5 y 5.25 ha, respectivamente) con rendimientos que no superan las 2.68 t ha^{-1} de producto seco (SIAP, 2009). Datos recientes señalan que Baja California Sur tiene una superficie sembrada de tomillo de 3 ha con un rendimiento de 5.67 t ha^{-1} de producto fresco (SIAP, 2012).

La utilización de leguminosas como

Los factores que afectan la producción de biomasa y la acumulación de aceites volátiles en las especies aromáticas (McConkey *et al*., 2000) son los ambientales y la variación geográfica (Figueriredo *et al*., 2008), así como la época de cosecha, la edad de la planta y la densidad del cultivo (Kaloustian *et al*., 2005).

Por otro lado, los eventos fotosintéticos se desencadenan cuando la clorofila capta la energía de la luz incidente en el aparato fotosintético, la energía utilizada para lograr la excitación puede llevar a la oxidación de los pigmentos fotosensibles ópticos. Las reacciones fotoquímicas que ocurren allí han sido bien estudiadas, tanto in vivo como in vitro, y ahora tenemos una idea bastante precisa de los fenómenos que ocurren. Salisbury (2000) establece que las tasas fotosintéticas relativas de algunas gramíneas herbáceas y especies de hoja ancha se pueden definir en función de la irradiancia que cae por unidad de área de la hoja. Teóricamente, sin embargo, la eficiencia fotosintética de las plantas nunca debería superar el 18% de la radiación fotosintética activa (RAF) absorbida, y hasta la fecha no existe ningún mecanismo que pueda aumentarlas.

Hunt (2003) muestra que el crecimiento, en el contexto de plantas individuales, puede definirse como un aumento irreversible en el tiempo y que estos cambios pueden ser de tamaño, forma y cantidad; Asimismo, afirma que, en general, los análisis de crecimiento realizados con materia seca y que las plantas anuales y perennes cultivadas en condiciones normales muestran, en sus etapas iniciales, la misma curva típica de crecimiento. Sin embargo, el cambio en la materia seca total durante estos períodos puede variar considerablemente debido a varios factores y se pueden observar pequeños cambios durante estos períodos. Finalmente, el autor concluye que una transformación logarítmica de los datos puede ser beneficiosa para el investigador, desde el punto de vista visual, estadístico y matemático.

Raffo e Iglesias (2004) demostraron que la radiación fotosintética activa absorbida por las plantas determina la cantidad de materia seca producida y la calidad de la producción, afectando el crecimiento y el rendimiento. Sin embargo, y aunque los efectos de los diferentes niveles de radiación en el tomillo no han sido reportados de manera comparable a este trabajo, se han realizado investigaciones en otras especies como la habichuela (Jarma *et al*., 1999), que concluyeron que la tasa de crecimiento, tasa de absorción neta (TAN), área foliar específica (AFE), relación de área foliar (RAF) y área foliar (AF)) mostraron valores mayores en los tratamientos de sombreado, que involucraron un tratamiento con radiación incidente del 100%. Por su parte, el índice de cosecha (IC)

mostró valores similares para los tratamientos sombreados, aunque de estos, el índice con mayor sombreado fue el más efectivo para contribuir al sombreado lleno de semillas.

Con base en la inexistencia de trabajos que permitan conocer el comportamiento del tomillo ante las condiciones edafoclimáticas de Baja California Sur se planteo el objetivo de determinar la curva de crecimiento y acumulación de biomasa en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) con fertilización de abonos verdes.

MATERIALES Y METODOS

Área experimental

La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano, en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) localizado en el km 5.5 de la carretera al sur, en la Ciudad de La Paz, ubicada en el Valle de La Paz, municipio del mismo nombre, Estado de Baja California Sur, México, situada en las coordenadas 24° 10’ latitud norte y 110° 19’ longitud oeste, a 18.5 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

Figura 1. Localización del área experimental.

Figura 2. Plantas de tomillo en la parcela orgánica de la UABCS y toma de datos de peso seco y peso fresco en el estudio de análisis de crecimiento y acumulacióin de biomassa.

Condiciones de suelo y clima del área experimental

El experimento se desarrolló en un suelo Yermósol Háplico (FAO-UNESCO, 1999). De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981) para condiciones de México, la ciudad de La Paz presenta un clima BW(h') h w (e), es decir, seco desértico, cálido.

El abono verde fue el frijol *Dolichos (Lablab purpúreos*), el cual se evaluó desde el punto de vista de su utilidad práctica como sustituto de fertilizantes químicos nitrogenados y aportes de materia orgánica al suelo, para ello se tuvo en cuenta el criterio seguido por diversos autores que definen las especies aptas para estos fines. Para el calculo de materia verde, se tomó al azar un metro cuadrado por cada uno de los seis tratamientos y posteriormente se determinó el peso mediante una balanza de reloj, finalmente se calculó el peso obtenido por hectárea. La incorporación se realizó cortando y depositando sobre el terreno los residuos cuando las plantas presentaban alrededor de 30 % de floración, esto se estableció tomando como base lo recomendado por Beltrán-Morales *et al* (2004) y Beltrán-Morales (2006). La cantidad de abono verde aplicada al suelo fue en promedio de 50 t ha^{-1}, mientras que la producción de materia seca del frijol dolichos fue de 13 t ha^{-1}. De Por otra parte también se determinó la aportación de nutrimentos del frijol dolichos (Cuadro 1) utilizando la metodología propuesta por Alcántar y Sandoval (1999).

Nutrimento	Aporte nutricional kg ha^{-1}
Ca	**211.39**
Mg	75.14
K	**233.80**
Na	123.58
Fe	16.80
Mn	2.34
Zn	0.39
Cu	0.39
P	**36.22**
Cl	208.46
NO3-N	2.12
N	**364.03**
B	2.62

Cuadro 1. Aportación de nutrimentos en kg ha^{-1} del frijol dolichos (*Dolichos lablab*).

Los parámetros del crecimiento evaluados fueron el área foliar (Af), índice de área foliar (IAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN) y de

masa seca y área de proyección. Se realizaron evaluaciones fisiológicas del estado de desarrollo del cultivo y se tomaron muestras a diferentes intervalos con un total de 6 fechas de muestreo para la biomasa fresca y seca. Para cada análisis se tomaron de la parcela experimental diez plantas al azar.

Las evaluaciones que se realizaron fueron:

a. **Biomasa total:** se determinó la biomasa de hojas, tallos y raíz fraccionados para cada órgano. Para determinar la biomasa seca de las plantas muestreadas, se secaron colocándose en estufa a 70 °C durante 48 horas. Se sumaron las biomasas (masas secas) de tallos y hojas para determinar la biomasa de la parte aérea expresada en g planta^{-1}. La Figura 2, muestra algunas plantas de tomillo a las cuales se les realizó el análisis de crecimiento y acumulación de biomasa.

b. **Área foliar expresada en cm²**. Para esta determinación se tomaron diez plantas de cada parcela y a cada una de las hojas se les calculó el área según la metodología establecida por Ruiz *et al.* (2007).

c. **Índice de área foliar:** se determinó como la relación entre la suma del área foliar de las diez plantas, lo cual se realizó cada 15 días. El área de proyección se midió sobre el área que las plantas ocupan. La masa fresca del tallo o peso fresco se le realizó a cada planta separando la parte de tallo y hojas de la raíz, expresada en g planta^{-1}, las demás variables se realizaron teóricamente con la metodología propuesta por Coombs *et al.* (1998). En la Figura 3 se observa la forma en que se tomaron las lecturas del peso fresco y seco de las plantas de tomillo.

Determinación del análisis fisiológico del cultivo

Los parámetros se calcularon de la siguiente manera:

Índice de área foliar (IAF)

IAF=AF/AP donde: AF=área foliar (cm²) por planta

AP= área de proyección (cm²)

Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de asimilación neta (TAN, g cm^{-2} día^{-1}) se determinó con la ecuación:

$$TAN = \frac{W2-W1}{A2-A1} * \frac{Ln\ A2 - Ln\ A1 \quad Ln\ A2 - Ln\ A1}{t2-t1 \quad\quad t2-t1} = \text{g cm}^{-2}\ \text{día}^{-1}$$

Dónde: W= peso seco total (gr)

t= tiempo (días, semanas)

Ln= logaritmo natural

A= área foliar (cm²)

Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La tasa relativa de crecimiento (TRC, g día^{-1}) se determinó con la ecuación:

$$TRC = \frac{Ln\,W2 - Ln\,W1}{t2 - t1} = gr./dias$$

Dónde: W= peso seco total

t= tiempo (días, semanas)

Ln= logaritmo natural

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC, g día^{-1}) se determinó con la ecuación:

$$TCC = \frac{W2 - W1}{t2 - t1} = gr/día$$

Dónde: W=peso seco total (g)

t**=** tiempo (días, semanas)

Cociente de área foliar (CAF)

El cociente de área foliar (CAF, cm^{-2} día^{-1}) se determinó con la ecuación:

$$CAF = \frac{AF}{W} = cm^2/día$$

Dónde: W=peso seco total en g.

AF=área foliar por planta cm^2

Cociente de peso foliar (CPF)

El cociente de peso foliar (CPF, g g^{-1}) se determinó con la ecuación:

$$CPF = PF/W = gr\ /\ gr$$

Dónde: W=peso seco total (g)

PF=peso seco foliar (g)

Área foliar específico (AFE)

El área foliar específico (AFE, cm^2 g^{-1}) se determinó de la siguiente forma:

$$AFE = AF/PF = cm^2/\ gr$$

Dónde: AF=área foliar (cm^2)

PF=peso seco foliar (g)

Relación vástago-raíz (V/r)

La relación vástago-raíz (V/R, g g^{-1}) se determinó de la siguiente forma:

v/r= peso seco vástago/peso seco raíz = g g^{-1}

Duración del área foliar (DAF)

La duración del área foliar (DAF, cm^2*día) se determinó con la ecuación:

$$DAF = \frac{(IAF1 + IAF2) * (t2 - t1)}{2} = cm^2 * día$$

Dónde: IAF=índice de área foliar (cm^2)

t= tiempo (días, semana)

Tasa foliar unitaria (TFU)

La tasa foliar unitaria (TFU, gr cm^{-2}/cm^{-2} $día^{-1}$) se determinó con la ecuación:

$$TFU = \frac{(W2 - W1) * (Ln\ AF2 - Ln\ AF1)}{(AF2 - AF1) * (t2 - t1)} = gr * cm^2/cm^2 * \quad días$$

Rendimiento (R)

Estimación aproximada ya que AF no es muy exacta

$$R = DAF * TFU = \ gr$$

Número, fechas e intervalos de muestreos

En total se realizaron seis muestreos, mismos que se efectuaron en diferentes fechas e intervalos, para un total de 90 días de duración del cultivo establecido en campo (Cuadro 2).

Numero de muestreo	Fecha de muestreo	Intervalo de tiempo	Total de días
1	F1	0	0
2	F2	20	20
3	F3	20	40
4	F4	20	60
5	F5	20	80
6	F6	20	100

Cuadro 2. Número, fechas de muestreos e intervalos de tiempo de muestreo que se realizaron para el estudio de la biomasa en la planta de tomillo.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de los parámetros del crecimiento evaluados, empleando el programa STATISTICA 6.0.

RESULTADOS

Peso fresco y seco de tallo y de raíz

En el Cuadro 3 se observan los valores del peso (g) promedio de biomasa fresca y seca del sistema de vástago y sistema radicular de la planta de tomillo de cada muestreo de 10 plantas tomadas al azar. Con estos resultados de biomasa se calcularon los índices de crecimiento.

Número de muestreo	PFT (g)	PST (g)	PFR (g)	PSR (g)
1	0.042	0.002	0.001	0.0
2	0.463	0.084	0.098	0.019
3	1.961	0.463	0.139	0.060
4	4.449	1.061	0.312	0.121
5	4.405	0.945	0.294	0.103
6	46.581	15.076	1.193	0.69

PFT= peso fresco de tallo. PST= peso seco de tallo, PFR= peso fresco de raíz. PSR= peso seco de raíz.

Cuadro 3. Promedio de biomasa fresca y seca de tallo y raíz de plantas de tomillo.

Longitud de tallo y de raíz

El Cuadro 4 muestra el crecimiento promedio de tallo y raíz de 10 plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.).

Número de muestreo	Longitud de tallo (cm)	Longitud de raíz (cm)
1	6.69	5.82
2	12.23	7.53
3	18.07	8.28
4	21.55	15.36
5	21.59	15.36
6	40.68	15.7

Cuadro 4. Crecimiento promedio de longitud de tallo y de raíz de plantas de tomillo.

Valores promedio de los parámetros de crecimiento

En el Cuadro 5 se presentan las fechas de muestreo y los valores promedio calculados para cada uno de los parámetros del crecimiento evaluados.

Fecha	IAF	TAN	TRC	TCC	CAF	CPF	AFE	V/R	DAF	TFU	R
F1	0	1.3	0.09	0.0025	0.62	1.5	0.53	2	0.0639	0.079	0.05
F2	0.00047	3.4	0.02	0.0072	0.19	1.22	0.33	4.42	0.0591	0.832	0.041
F3	0.0005	3.36	0.03	0.0476	0.42	1.12	0.48	4.71	0.0324	2.071	0.067
F4	0.0003	0.099	0.09	0.237	0.26	1.11	0.22	8.83	0.0347	8.809	0.030
F5	0.00031	2.77	0.39	7.1271	0.5	4.77	0.27	9.17	0.0153	1.791	0.027
F6	0.00073	1.5	0.05	0.6565	0.5	3.13	0.16	21.84	0.0919	1.567	0.144

IAF: índice de área foliar (cm^{-2}), **TAN**: tasa de asimilación neta (g cm^{-2} $día^{-1}$**), TRC**: tasa relativa de crecimiento (g $día^{-1}$), **TCC**: tasa de crecimiento del cultivo (g $día^{-1}$), **CAF**: cociente de área foliar (cm^{-2} $día^{-1}$), **CPF**: cociente de peso foliar (g), **AFS**: área foliar específico (cm^{-2} g^{-1}), **V/R**: relación vástago-raíz (g), **DAF**: duración del área foliar, TFU: tasa foliar unitaria (g cm^{-2} $día^{-1}$), R: rendimiento (g).

Cuadro 5. Fechas de muestreo y valores promedio para cada parámetro del crecimiento evaluado.

DISCUSIÓN

Índice de área foliar (IAF)

El índice de área foliar es un importante atributo del crecimiento aéreo de las plantas, debido a que las hojas son dominantes en el proceso fotosintético y por consiguiente para la producción de asimilados (Nobel, 1999). El IAF es la sumatoria de todas las áreas de hojas por una unidad de suelo y la estimación directa consiste en la cosecha de material vegetal en un área conocida (Wilhelm *et al.*, 2000), pero también se determina indirectamente por medio de la intercepción de la radiación solar (Cortés, 2003).

El IAF, el cual alcanzó un crecimiento determinado a los 50 días, pero en la última fecha se logró un número máximo de IAF, esto debido a que la plantación se le realizó una poda y se dejaron pasar 20 días a la fecha de lectura anterior para luego volverse a muestrear.

Tasa de asimilación neta (TAN)

La TAN también denominada tasa foliar unitaria (TFU) o índice de eficiencia fotosintética, representa la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar y es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Es definida como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y se expresa en $g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ (Beadle, 1988). La TAN es una medida de la eficacia del follaje, el cual constituye la principal fuente de fotoasimilados en la producción de materia seca e indica también la velocidad de fotosíntesis neta en un lapso relativamente largo, entre dos muestreos (Escalante y Kohashi, 1993).

A a los 90 días se logró la máxima TAN (8.8 g cm^{-2} dia^{-1}), posteriormente esta tiende

a disminuir por el envejecimiento de la planta, el cual es un resultado que se compara con lo expresado por Gardner *et al.* (1990) quien menciona que este parámetro no es constante con el tiempo y muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. La disminución se acelera por un ambiente desfavorable y la ganancia de materia seca por unidad de área foliar disminuye en la medida que brotan nuevas hojas, debido al sombreo reciproco. Por su parte, Hunt (1982) menciona que la TAN, indica la eficiencia fotosintética promedio, individual o en una comunidad de plantas. La capacidad de la planta para incrementar su masa seca en función del área asimiladora en periodos cortos a lo largo del ciclo de crecimiento depende del área foliar, de la disposición y edad de las hojas y de los procesos de regulación interna relacionados con la demanda de los asimilados.

Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La TRC, la cual logró su máxima expresión a los 90 días. Según Pedroza *et al.* (1997) esta es un índice de eficiencia que expresa el crecimiento en términos de una tasa de incremento en tamaño por unidad de tamaño y tiempo; lo que representa la eficiencia de la planta como productor de nuevo material y depende de la fotosíntesis total y de la respiración (Sivakumar y Shaw, 1978); además se propone como una medida que integra el comportamiento fisiológico de las plantas (Radford, 1967). Es una medida del balance entre la capacidad potencial de fotosíntesis y el costo respiratorio (Archila *et al.*, 1998), pero además expresa el incremento en masa seca de la planta en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor inicial de la masa seca producida y acumulada.

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Según Hunt (1982) la TCC mide la ganancia de biomasa vegetal en el área de superficie ocupada por la planta. Es aplicable a plantas que crecen juntas en cultivos cerrados. La máxima TCC ocurre cuando las plantas son suficientemente grandes o densas para explotar todos los factores ambientales en mayor grado. En ambientes favorables, la máxima TCC ocurre cuando la cobertura de las hojas es completa y puede representar el máximo potencial de producción de masa seca y de tasas de conversión en un momento dado (Brown, 1984). De acuerdo a lo expuesto anteriormente, los resultados encontrados en tomillo, se puede decir que la máxima ganancia de biomasa en el área de superficie ocupada por la planta fue de 7 g dia^{-1} a los 90 días.

Cociente de área foliar (CAF)

El área foliar y el índice de área foliar son parámetros ampliamente utilizados en estudios de ecofisiología de cultivos (Coombs y Hall, 1982). La máxima expresión del cociente del área foliar se logró a los 50 días, para luego lograr la disminución del cociente de área foliar en tomillo. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Kvet y Marshall (1971), Astegiano y Favaro (1987) quienes mencionan que las funciones que relacionan estas dimensiones varían claramente entre especies, aunque también afecta el estudio de

desarrollo, genotipo, estación de crecimiento y edad de las hojas.

Cociente de peso foliar (CPF)

EL cociente de peso foliar, donde al nivel del peso de las plantas se tuvo un incremento hasta los 70 días y después disminuyó. Este se considera la relación entre el área foliar total de la planta y la materia seca total de las hojas de la planta. En condiciones normales y para la mayoría de los cultivos, el espesor de las hojas aumenta con la edad, en el caso del frijol aunque estos valores fluctúan, permanecen dentro de un rango en el cual el aumento en espesor es mínimo; sin embargo, esta parece ser la situación normal para plantas de frijol desarrolladas en condiciones de soluciones nutritivas. Jones (1968) cita valores de AFP para frijol con condiciones de campo y de invernadero; de acuerdo con este autor, el AFP de las plantas desarrolladas en soluciones nutritivas es hasta tres veces mayor que el de plantas desarrolladas en el campo lo cual se debe a la exuberancia del crecimiento en estas condiciones (Jones, 1968).

Las variaciones en el CPF tiene gran influencia en el índice de crecimiento relativo (ICR) ya que debido a la relación que existe entre el ICR y la relación de área foliar (RAF) y entre esta y el AFE, cualquier cambio en el área foliar especifica hará variar el índice de crecimiento relativo a través de la razón de área foliar (Ascencio, 1972).

Área foliar especifica (AFE)

La respuesta del área foliar específica (AFE) en función del tiempo. Durante todo el periodo evaluado, la máxima AFE se presentó al inicio del trabajo; lo anterior sugiere que al considerar la expansión del área foliar como una respuesta plástica altamente influenciada por la radiación, es probable que las hojas más pequeñas y delgadas observadas en los niveles donde alcanza menor radiación sean la respuesta de un autoajuste de la planta para captar el máximo posible de energía solar disponible para la asimilación clorofílica; sin embargo, esta situación no representó una mayor eficiencia en la producción de fotoasimilados por unidad de área foliar, tal como se demostró con la TAN.

Según Páez *et al.* (2000) indican que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE); así, en el caso del tomate estos autores observaron este efecto solamente hasta los 45 días de crecimiento vegetativo. Una tendencia similar se observó en investigaciones realizadas por De Grazia *et al.* (2001) en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en las que el AFE fue afectada por la atenuación del nivel de radiación, provocando un incremento en ella. Por su parte, Flórez *et al.* (2006) afirma que el AFE, es una medida de la superficie foliar de la planta en términos de densidad o grosor relativo de la hoja. Se define como la relación entre el área total de la hoja y la masa del área foliar de la planta.

Relación vástago-raíz (v/r)

La máxima relación vástago/raíz se logró a los 90 días, esta máxima relación se

da debido a que la última lectura se realizó 20 días después de la penúltima, esto quiere decir que se dejó pasar el tiempo para determinar si realmente se incrementa la relación vástago raíz. Según Lincoln *et al*. (2006) la relación de la biomasa vástago-raíz y la fotosíntesis realizada por el vástago, menciona que un brote crecerá tanto como para que el factor limitante sea la cantidad de agua incorporada por las raíces; por el contrario, las raíces crecerán hasta que su demanda de fotoasimilados al vástago iguale el aporte. Este equilibrio funcional cambia si se reduce el aporte de agua.

Según Helms y Baker (1982) la relación de la biomasa vástago-raíz parece estar gobernada por el vástago. De forma sencilla, un brote crecerá tanto como para que el factor limitante sea la cantidad de agua incorporada por las raíces; por el contrario, las raíces crecerán hasta que su demanda de fotoasimilados al vástago iguale el aporte.

Por su parte, Hawley y Smith (1972) mencionan que la expansión foliar se ve afectada rápidamente al reducir el aporte de agua, mientras que la actividad fotosintética se ve mucho menos afectada. La inhibición de la expansión reduce el consumo de carbono y energía y una gran parte de los productos asimilados por las plantas pueden ser distribuidos por el sistema radicular, donde pueden sustentar un posterior crecimiento, al mismo tiempo los ápices radiculares pierden turgencia en suelos secos.

Duración del área foliar (DAF)

La DAF es un área, las unidades de cualquier área son el producto de sus dimensiones. Puesto que el IAF no posee unidades, la DAF determinada mediante integración se expresa en unidades de tiempo, usualmente días o semanas (Robert *et al*., 2004). La máxima expresión alcanzada a los 90 días después del trasplante, esto quiere decir que se logró la máxima duración en cm^2 por día. Esta duración del área foliar, aumentó en las primeras fechas y para los 90 días disminuyó, quizás por el aumento de las altas temperaturas.

Según Rodríguez y Leihner (2006), la DAF ha demostrado ser un criterio valioso para identificar genotipos productivos. La justificación para ello es que las plantas que logran mantener sus hojas durante un mayor número de días requieren una menor inversión de energía en el mantenimiento del follaje activo. Por el contrario, los genotipos con hojas que caen en poco tiempo, deben restituir el área foliar continuamente, lo cual implica un costo biológico que repercute negativamente sobre el rendimiento. En el caso de la yuca, por ejemplo, los genotipos más productivos son aquellos que mantienen sus hojas por más de 100 días. En este sentido, Ginson y Fische (2004) mencionan que las variedades tradicionales de porte alto y de larga duración tienen muchas veces, una eficiencia fotosintética (o una tasa foliar unitaria) más alta y una duración de la materia seca total mayor que las variedades modernas semi-enanas; éstas son de corta duración pero su rendimiento es alto.

Tasa foliar unitaria (TFU)

El peso es una de las formas más adecuadas para expresar el rendimiento parcial o total de una planta, ya que es una cuantificación más precisa de la producción por ser una medida directa. Además, se pueden establecer comparaciones de rendimiento entre sitios diferentes, principalmente cuando se expresa en un peso seco al horno (Gutiérrez, 1984).

La tasa foliar unitaria, que tuvo un constante aumento foliar, logrando 1600 g cm^2 dia^{-1}; esta máxima duración se logró a los 90 días, aunque a partir de los 70 días se mantuvo similar hasta los 90 días del último muestreo.

Rendimiento (R)

Según Challa *et al*. (1995) el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo. Los resultados obtenidos demuestran que lo establecido por Challa *et al*. (1995) se corroboran en tomillo. Como en el transcurso de la evaluación se logró a los 90 días el máximo rendimiento.

CONCLUSIONES

- La planta de tomillo cuenta con una facilidad de poder adaptarse en una zona donde existe una baja humedad en el suelo.
- Puesto que en tomillo también su sistema de vástago permaneció en condición de ambiente natural, en un lugar donde los factores y elementos del clima que intervienen en su crecimiento oscilan en rangos diferentes. Realmente esta planta no quiere de gran demanda de agua.
- Para obtener una buena producción de la planta de tomillo de forma orgánico, se requiere de contar con un suelo con un alto contenido de materia orgánica y/o incorporar de alguna otra fuente donde se obtenga una fertilización de manera orgánica para el crecimiento y la producción de esta planta.
- De las variables de crecimiento teóricas, se encontró que el IAF alcanzó un crecimiento determinado a los 70 días.
- La TAN máxima se alcanzó a los 70 días con 8.8 g cm^{-2} dia^{-1}, mientras que la TRC, logró su máxima expresión a los 90 días, con una ganancia por la planta de 7 g dia^{-1} a los 90 días.
- El máximo cociente del área foliar se logró a los 50 días, a asimismo el cociente de peso foliar del peso de las plantas logró un incremento hasta los 70 días, por otro lado la máxima relación vástago/raíz se logró a los 90 días.
- La DAF logró su máxima expresión a los 90 días después del trasplante, por lo que podemos concluir que el tomillo por tener su sistema de vástago

permaneció en condición de ambiente natural, en un lugar donde los factores y elementos del clima que intervienen en su crecimiento oscilan en rangos diferentes. Realmente esta planta no quiere de gran demanda de agua por lo que la máxima área foliar se logra a los 75 días.

REFERENCIAS

Acevedo, I., Pire, R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de sustrato para el crecimiento del lechosero (*Carica papaya* L.). Interciencia. 29(5):274-279.

Alcaraz, F., Sánchez, P. Correal. 1989. Catálogo de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias de la Región de Murcia. Colección Monografías. INIA-MAPA No. 67. Madrid, España. 156 p.

Assured Produce The Growing Partnership. 2009. Crop specific protocol. Herbs (culinary) CROP ID: 38 Assured Food Standards. United Kingdom. 43 p.

Archila, J., U. Contreras, H. Pinzón, H. Laverde, G. Corchuelo. 1998. Análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga (*Lactuca sativa*). Agron. Colomb. 16(1):68-75.

Arcila-Lozano, Cynthia Cristina et al. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. ALAN, Caracas, v. 54, n. 1.

Arvy, M., Gallounin, F. 2007. Especias, aromatizantes y condimentos. Ediciones mundi- Prensa. España. 413 p.

Agricultura y Alimentación. Dirección General de Tecnología Agraria. Gobierno de Aragón.

Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo (Fisiología aplicada a las plantas agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.

Beadle, C.L. 1985. Análisis del crecimiento vegetal. pp. 16-22. *In*: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Coombs, J., May, D.O., Long, S.P., Scurlock, J. (Eds.). Ed. Futura. Chapingo, México.

Bereño, P. 2006. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costos. En: Clavijo, J., Bereño P., Guido, C., Chaparro, L. (Eds.). p. 65-72. Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Colombia. 206 p.

Beadle, C. L. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. pp. 17-21. *In*: Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Traducido al español de la 2da edición en inglés. Patrocinada por el programa ambiental de las naciones unidas (UNEP) y Colegio de Postgraduados. Ed. Futura. Chapingo, México.

Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. 2da Edición. Traducido al español por Cano y Cano, G.G. Rojas-Garcidueñas, M. A.G.T. Editor. D.F., México. 784 p.

Manuales sobre energía renovable: Biomasa. Biomass users network (BUN-CA). 1a ed. San José, Costa Rica. Biomass users network (BUN-CA). 2002. 42 p.

Brand G. D., Weetman, F.G. 1987. Growth analysis of perennial plants: The relative production rate and its yield components. Annals of Botany. 59:45-53.

Brown, R.H. 1984. Growth of the green plant. pp. 153-174. En: Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy, Madison.

Burillo, J., García-Vallejo, M.C. 2003. Investigación y experimentación de plantas aromáticas y medicinales en Aragón. Cultivo, transformación y analítica.

Connor, D.J., V.O. Sadras. 1992. Physiology of yield expression in sunflower. Field Crops Res. 30:333-389.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes). 2008. Documento Conpes 3514. Política nacional fitosanitaria y de inocuidad para cadenas de frutas y otros vegetales. Dirección de Desarrollo Rural Sostenible. Colombia 45 p.

Craker L. E. 2007. Medicinal and aromatic plants: future opportunities. In: Issues in new crops and mew uses. J. Janick, A. Whipkey (Eds.) ASHS Press. Alexandria VA.

Corporacion Colombiana Internacional (CCI), Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOOHOFRUCOL). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y Plan Hortícola Nacional (PHN). 2007. Plan de desarrollo 2006-2015. Colombia. 529 p.

Corporación Colombiana Internacional (CCI). 1999 Agricultura ecológica: una opción promisora para el campo. Producción, comercio y reglamentación. Primera edición. Colombia. 217 p.

Cortés, H. 2003. Mediciones del índice área foliar por medio de interceptación de radiación solar. Memoria. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 41 p.

Curtis, P.S., A. Läuchli. 1986. The role of leaf area development and photosynthetic capacity in determining growth of kenaf under moderate salt stress. Aust. J. Plant Physiol. 18:553-565.

Challa, H., Heuvelink, E., Van Meeteren, U. 1995. Crop growth and development. Long-term responses. Crop growth. In: Bakker, J.C., Bot, G.P.A., Challa, H., Van de Braak, N.J. Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen: Wageningen Pers. p. 62-84.

Dagoberto Castro Restrepo, Jesús Jaiber Días García, Raquel Serna Betancur, María Denis Martínez Tobón, Paola Andrea Urrea, Katalina Muñoz Durango. 2013. Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales. Segunda edición. Pp. 56-57.

Enrique Villalobos-Rodríguez. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Análisis de crecimiento vegetal. Vol. 7. Pag. 20.

Escalante, E.J.A, Kohashi, S.J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo. 84 p.

Etchevers, J.D. 1999. Técnicas de diagnostico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra. 17:209-219.

Figueiredo A.C., J.G. Barroso, L.G. Pedro, J.J.C. Scheffer. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plans: volatile components and essential oils. Flavour and Fragrance Journal. 23:213-226.

Font, Quer, P. 1981. Plantas medicinales. El dioscórides renovado. Editorial labor. Barcelona.

Flórez, V., D. Miranda, B. Chaves, L. Chaparro, C. Cárdenas, A. Farías. 2006. Parámetros considerados en el análisis de crecimiento en rosa y clavel en los sistemas de cultivo en suelo y en sustrato. En: Flórez, V., A. De la C. Fernández, D. Miranda, B. Chaves, J.M. Guzmán (Eds.). Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Gardner F., Brent P., Mitchell R.L. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University. 327 p.

Gardner, R.L., Lyon, M.F., Evans, E.P., Burtenshaw, M.D. 1985. Clonal analysis of X-chromosome inactivation and the origin of the germ line in the mouse embryo. J. Embryol. Exp. Morph. 88:349-363.

Gómez, D. 2008. Aspectos ecológicos de los pastos. Publicado en Fillat, F., García-González, R., Gómez, D., Reiné, R. (Eds.). Pastos del Pirineo. Cap. 7:61-73. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Premios Félix de Azara. Diputación de Huesca. Madrid.

Guillén, M.D., Burillo, J. 1.996. Characterization of the essential oils of some cultivated aromatic plants of industrial interest. J Sci Food Agric. 70:359-363.

Hocking, P.J., B.T. Steer. 1983. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L.) during growth. Field Crops Res. 6:93-107.

Ho, L.C., Grange, R.I., Shaw, A.F. 1989. Source/sink regulation, pp. 306-343. *In*: Transport of photoassimilates. Baker, D., Millburn, J.A. (Eds.). Longman Scientific and Technical. Essex, U K.

Hunt, R. 1978. Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.

Hunt, R. 1979. Plant growth curves. The functional approach to plant growth aanalysis. Edit. Arnold Publishers, London.

Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, Ltd. London. 248 p.

Hunt, R. 1990. Basic growth analysis for beginners. Hyman L.T.D., London, UK. 112 p.

Hunt, R. 2003. Plant growth analysis: individual plants. En: Thomas, B., D.J. Murphy y D. Murray (eds.). Encyclopaedia of applied plant sciences. Academic Press, London. pp. 579-588.

Jarma, O.A. 2005. Cinética del crecimiento. Escuela de Posgrado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC. 12 p. (Mimeografiado).

Kaloustian, J., L. Abou, C. Mikail, M.J. Amiot, H. Portugal. 2005. Southern fresh thyme oils chromatographic study of chemotype. J. Sci. Food Agric. 85(14):2437-2444.

Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal, Volumen 2. Pag. 1135.

López, M. 2006 Tomillo: propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. Fitoterapia. Offarm, 25(1): 74-77.

Loscos, F., 1986. Reedición. Tratado de plantas de Aragón. Ed. Fascicular. Instituto de Estudios Turolenses de la Excma. Diputación Provincial de Teruel.

Martínez, Verges, F. 1980. Contribución al estudio fitoquímico y quimiotaxonómico del género *Thymus vulgaris*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 2 tomos.

Mithorphe F., L. Moorby J. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 202 p.

Ministerio de Protección Social (MPS). 2008. Vademecum Colombiano de Plantas Medicinales. Colombia. 307 p.

Montaño, Juan Pablo. 2008. Administrador finca "aroma orgánico", vereda Checua, Nemocón (Cundinamanrca). Comunicación Personal. Fecha: 31 de marzo del 2008.

Mohr, L.B. 1995. Impact analysis for program evaluation. Sage.

Muñoz, F. 2002. Plantas medicinales y aromáticas. Estudio y cultivo procesado. Mundi Prensa. España. 366 p.

McConkey M.E., J. Gerhenzon, R.B. Croteau. 2000. Developmental regulation of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of peppermint. Plant Physiology 122:215-223.

Naghdi Badi, H., D. Yazdani, A. S. Mohammad and F. Nazari. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Ind. Crop. Prod. 19:231-236.

Novel, P.S. 1999. Physicochemical and environmental plant physiology. Ed. Academic Press. San Diego, EE.UU. 474 p.

Omidbaigi, R., A. Arjmandi. 2002. Effects of N, P supply on growth, development, yield and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) Acta Hort. 576:263-265.

Pérez G., Martínez L.F. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 102 p.

Pedroza M.J.A., G. Corchuelo, A. Angarita. 1997. Análisis de crecimiento de *Limonium sinuatum* Mill. cv. Midnight blue propagada sexual y asexualmente a partir de yemas vegetativas y florales. Agron. Colomb. 14(1):1-12.

Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. Crop Sci. 7:171-175.

Raffo, M. y D. Iglesias. 2004. Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. 'Fuji', bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) 33(2), 29-42.

Radosevich, S.R., Holt, J.S. 1984. Weed ecology. Implications for vegetation management. Wiley, New York, 265 p.

Sangwan N.S., A.H.A. Forooqi, F. Shabih, R.S. Sangwan. 2001. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation. 34:3-21.

Salisbury F.B., Ross C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana S.A de C.V. D.F., México 759 p.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. Capítulo 12: Fotosíntesis: aspectos ambientales y agrícolas. pp. 410-411. En: De la Fuente, C. (ed). Fisiología de las plantas. Vol. 2. Bioquímica vegetal. Paraninfo Thomson Learning, Madrid. 523 p.

SIAP. 2009. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350(Consultado 30 de marzo de 2011).

Silvori M.E., Montaldi R.E. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 106 p.

Sivakumar, M.V.R., R.H. Shaw. 1978. Methods of growth analysis in field growth soybeans *Glycine max* (Merril). Ann. Bot. 42:213-32.

Stahl, E., Venskutonis, R. 2004. Thyme. p. 297-318. En: Peter, K. (Ed). Handbook of herbs and spices. Volume 2. First Edition. Woodherad Publishng Ltd. and CRC Press. United states. 374 p.

Steer, B.T., P.J. Hocking. 1984. Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): acquisition and partitioning of dry matter and nitrogen by vegetative organs and their relationships to seed yield. Field Crops Res. 9:237-251.

Taiz, L., Zeiger, E. 2006. Fisiologia vegetal. Vol. 10. Universitat Jaume I.

Trapani N., A.J. Hall, F.J. Villalobos. 1994. Pre-anthesis partitioning of dry matter in sunflower (*Halianthus annuus* L.) crops. Field Crop. Res. 37:235-246.

Villalobos F.J., V.O. Sadras, A. Soriano, E. Fereres. 1994. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. Field Crop. Res. 36:1-11.

Villar, L., Palacín, J.M., Galvo, C., Gómez, D., Monserrat, G. 1987. Plantas medicinales del Pirineo Aragonés y demás tierras oscenses. Diputación de Huesca. Huesca.

Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 1045 p.

Wilhelm, W., K. Ruwe, M. Schilemmer. 2000. Comparison of three leaf area index meters in a corn canopy. Crop Science 40:1179-1183.

CAPÍTULO 4

COMPORTAMIENTO MATERNAL DE UNA LÍNEA MATERNAL RESILIENTE DE CONEJOS EN EL CRUCE INDUSTRIAL

Data de aceite: 01/03/2022

María Martínez-Albert
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH)
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela, España.

María José Argente
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH)
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela, España.

María de la Luz García
Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH)
Universidad Miguel Hernández de Elche
Orihuela, España.

RESUMEN: Una nueva línea maternal de conejos resiliente seleccionada por variabilidad del tamaño de camada ha sido creada en la Universidad Miguel Hernández de Elche (línea A). En cunicultura, el gazapo de engorde se obtiene del cruzamiento entre líneas maternales con líneas paternas seleccionadas por caracteres de crecimiento. El objetivo de este trabajo es comparar el tamaño de camada y los caracteres ponderales de los gazapos al predestete en animales de la línea A y en animales cruzados. Un total de 156 conejas de la línea A fueron utilizadas. Las hembras fueron apareadas con machos de la misma línea A y machos de una línea seleccionada por velocidad de crecimiento para obtener los gazapos cruzados. Los caracteres estudiados fueron el número de gazapos nacidos totales y vivos al nacimiento y a los 21 días. El peso de la camada total y la de los gazapos vivos al nacimiento y a los 21 días de edad, también se calculó el peso individual. Los análisis estadísticos se realizaron con metodología bayesiana. El tamaño de camada y el peso individual de los gazapos fue similar en ambos grupos de animales. Sin embargo, el peso de la camada fue superior para los animales cruzados tanto para el total de la camada con una diferencia de 29 g (P=0.99) como para la camada nacida viva (46 g; P=0.99). El peso de la camada a los 21 días tiende a ser superior en los animales cruzados (112g; P=0.86). En conclusión, el cruzamiento de la línea maternal resiliente con machos de una línea de crecimiento mejora los caracteres ponderales de la camada desde el nacimiento a los 21 días de edad.

PALABRAS CLAVE: Conejo, cruzamiento, peso de la camada, prolificidad, resiliencia.

ABSTRACT: A new maternal line of resilient rabbits selected for variability in litter size has been created at the Miguel Hernández University of Elche (line A). In rabbit farming, the fattening kitten is obtained from the crossing between maternal lines with paternal lines selected for growth traits. The objective of this work is to compare the litter size and the weight characters of the kits at pre-weaning in line A animals and in crossbred animals. A total of 156 rabbits from line A were used. The females were mated with males

of the same line A and males of a line selected by growth speed to obtain the crossed kits. The characters studied were the number of kits born total and alive at birth and at 21 days. The weight of the total litter and that of the live kits at birth and at 21 days of age, the individual weight was also calculated. Statistical analyzes were carried out with Bayesian methodology. The litter size and individual weight of the kits was similar in both groups of animals. However, litter weight was higher for crossbred animals both for the total litter with a difference of 29 g (P = 0.99) and for the live-born litter (46 g; P = 0.99). Litter weight at 21 days tends to be higher in crossbred animals (112g; P = 0.86). In conclusion, the crossing of the resilient maternal line with males of a growth line improves the weight characteristics of the litter from birth to 21 days of age.
KEYWORDS: Rabbit, crossbreeding, litter weight, prolificacy, resilience.

INTRODUCCIÓN

El avance de la producción animal está ligado a la adaptación de los animales a las nuevas condiciones de producción tanto ambientales, producidas por el cambio climático, como de manejo debido por ejemplo a la reducción en el uso de antibióticos o la utilización de subproductos en la alimentación. Se hace por tanto necesario, disponer de un material genético animal que sea resiliente, es decir, que sea capaz de amoldarse a desafíos ambientales sin mermar su capacidad productiva.

Para dar solución a este problema, se está llevando a cabo un programa de mejora genética en conejo por variabilidad del tamaño de camada en la Universidad Miguel Hernández de Elche. El criterio de selección es la varianza fenotípica del tamaño de camada dentro de hembra, una vez corregido el tamaño de camada por los efectos del año-estación y estado fisiológico de la hembra (Blasco et al., 2017). La línea seleccionada para incrementar la variabilidad del tamaño de camada (línea H) presenta más variabilidad (4,4 gazapos^2) que la línea seleccionada para disminuir la variabilidad (línea A; 2,7 gazapos^2; Blasco et al., 2017). La variabilidad del tamaño de camada está relacionada con la capacidad de adaptación de la hembra a los cambios ambientales adversos; es decir con su sensibilidad al estrés y a las enfermedades, o lo que es lo mismo en su resiliencia. En este sentido, la línea A muestra una menor concentración basal de cortisol y una menor respuesta al estrés que la línea H (Argente et al., 2019; Beloumi et al., 2020). Se sabe que el estrés crónico conduce a la desregulación del sistema inmune y aumenta la predisposición a enfermar (Glaser y Kiecolt-Glaser, 2005). Esto está de acuerdo con el menor porcentaje de eliminación involuntaria encontrado en la línea A (Argente et al., 2019). Por tanto, disminuir la variabilidad del tamaño de camada tiene implicaciones en la mejora del bienestar de las hembras.

Además, García et al. (2018) observaron que la línea A presenta una mayor capacidad de movilizar reservas energéticas al parto que la línea H. El parto es un momento de gran demanda energética y aquellas hembras que no sean capaces de recuperar sus reservas corporales tras el parto tenderán a una menor fertilidad (Fortun-Lamothe, 2006)

y a una disminución de su defensa inmune (Castellini et al., 2010), lo que está de acuerdo con el menor porcentaje de eliminación y mortalidad encontrado en la línea A (Argente et al., 2019). Por lo tanto, la selección para disminuir la variabilidad del tamaño de camada produce hembras que manejan adecuadamente sus reservas corporales y gestionan la movilización energética correctamente, y en consecuencia presentan menor riesgo de morir o ser eliminadas (García et al., 2018; Argente et al., 2019).

En cunicultura, la producción del gazapo de engorde está basado en el cruzamiento de hembras maternales con machos seleccionados por caracteres de crecimiento (García y Argente, 2020). Por tanto, para poder ser utilizada las hembras de la línea A como hembras maternales en las explotaciones, es necesario conocer su comportamiento en el cruzamiento. El objetivo de este trabajo es comparar el tamaño de camada y los caracteres ponderales de los gazapos desde el nacimiento hasta los 21 días de edad en animales de la línea A y en animales cruzados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Todos los procedimientos experimentales que implican animales han sido aprobados por el comité ético de investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Número de Referencia 2021/VSC/PEA/0211).

Material animal y diseño de experimento

Se utilizaron un total de 156 conejas pertenecientes a la línea de baja variabilidad por tamaño de camada (línea A) desde Junio de 2021 hasta Noviembre de 2021. Los machos pertenecían a la línea A para producir el gazapo AxA y a la línea N para producir el gazapo AxN. La línea N se selecciona por velocidad de crecimiento en el periodo de engorde. Las asignaciones de los machos de la línea A con hembras de la misma línea se realizaron de forma que no tuvieran en común ningún abuelo en común.

El manejo reproductivo se realiza en bandas semanales y con montas a 12 días post-parto. El diagnóstico de gestación se realiza mediante palpación abdominal a los 12 días de gestación. Los partos tuvieron lugar a los 31 días de gestación. No se realizaron adopciones en el periodo de lactación. Los gazapos fueron destetados a los 28 días de edad.

En el momento del parto, se contabilizaron los gazapos nacidos vivos y nacidos muertos, la fecha del parto y el orden del parto. Se pesaron los gazapos vivos y muertos y se comprobó si más del 80% de los gazapos habían mamado, mediante la identificación de una marca de leche en el estómago de los gazapos que es fácilmente visible (Argente et al., 1999). A los 21 días de edad, se contabilizaron y se pesaron los gazapos.

Los caracteres estudiados fueron:

- La prolificidad: medida como el número de gazapos nacidos totales, vivos y

muertos y el número de gazapos a 21 días.

- Peso total de la camada (g): al nacimiento de los gazapos totales y de los gazapos vivos y a los 21 días
- Peso individual del gazapo (g): al nacimiento de los gazapos nacidos totales y de los gazapos vivos, y a los 21 días

Análisis estadísticos

Para el número de nacidos totales, vivos y muertos se utilizó el siguiente modelo:

$Y_{ijkl} = \mu + C_i + E_j + OP_k + EP_l + e_{ijkl}$

Donde Y_{ijkl} es el carácter, μ es la media, C_i es el tipo de animal (A: cruce AxA; N: cruce AxN; E_j es la estación (estación templada; estación calurosa); OP_k es el orden de parto (primer parto; segundo parto; tercer parto o más); EP_l es el efecto permanente de una hembra sobre sus partos y e_{ijkl} es el error del modelo.

Para el número de gazapos a 21 días y los pesos de la camadas y pesos individuales de los gazapos hasta los 21 días se utilizó el modelo anterior, pero se incluyó los nacidos totales como covariable y el efecto del comportamiento maternal con dos niveles (correcto e incorrecto).

Todos los análisis se realizaron utilizando metodología bayesiana, con aprioris planos acotados para todos los parámetros desconocidos. Las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre líneas se estimaron usando muestreo de Gibbs.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los parámetros de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre los dos tipos de cruzamientos estudiadas, animales AxA y AxN..

El tamaño de camada fue similar entre ambos cruzamientos desde el parto hasta los 21 días de edad. El número de gazapos nacidos totales y vivos fue similar al encontrado en otros estudios de esta misma línea (Agea et al., 2019) y en otras líneas maternales en Argelia (Belabbas et al., 2021) y en Arabia Saudi (Al-Saef et al., 2008). Estos resultados son esperables, pues el tamaño de camada es un carácter que se adscribe a la hembra, y en este caso las hembras de ambos cruzamientos pertenecían a la línea seleccionada por homogeneidad del tamaño de camada.

El peso de la camada fue un 7% superior en la camada total y un 13% superior en los nacidos vivos para los animales cruzados (AxN) que los animales puros (AxA) (P=0.99). Este mayor peso de la camada en los gazapos AxN tiende a mantenerse a los 21 días de edad (D = -112 g; P = 0.86). Estos resultados se han obtenido corrigiendo por la covariable tamaño de camada, es decir las diferencias encontradas en los dos tipos de animales no son debidas a un mayor tamaño de camada, pues se han estimado a igualdad de tamaño de camada. Los padres de los gazapos N son machos pertenecientes a una

línea seleccionada por velocidad de crecimiento (Agea et al., 2018). Los pesos obtenidos al nacimiento son similares a las líneas maternales V y Saudi Gabali (Al-Saef et al., 2008) pero son superiores a los 21 días para estas mismas líneas.

El peso individual de los gazapos fue similar en ambos tipos de animales. El peso de los gazapos vivos es de alrededor de 53.5 g y es un peso similar a gazapos de otras líneas (Argente et al., 1999). Se estima que los gazapos con pesos superiores a 50 g al nacimiento tienen más de un 90% de probabilidad de sobrevivir al nacimiento y más de un 85% de probabilidad de sobrevivir a los 4 días después del parto, si han ingerido leche en las primeras horas tras el parto. Mientras que estos porcentajes se reducen un 10% aproximadamente si los gazapos no han ingerido leche (Agea et al., 2009; Argente et al. 1999).

	Carácter	A	N	D_{A-N}	$HPD_{95\%}$		P
Prolificidad	Nacidos totales	8.21	8.72	-0.51	-1.57;	0.53	0.84
	Nacidos vivos	7.45	7.89	-0.44	-1.62;	0.73	0.77
	Nacidos muertos	0.74	0.81	-0.06	-0.86;	0.71	0.57
	Gazapos a 21 días	6.46	6.99	-0.53	-1.55;	0.55	0.84
Peso Camada (g)	Total nacimiento	410	439	-29	-50;	-4	0.99
	Vivos nacimiento	366	412	-46	-83;	-6	0.99
	A 21 días	2055	2167	-112	-317;	90	0.86
Peso Individual (g)	Total nacimiento	53.5	54.4	-0.9	-3.6;	2.1	0.71
	Vivo nacimiento	53.5	53.8	-0.3	-3.3;	2.6	0.57
	A 21 días	345	352	-7	-47;	30	0.64

D_{A-N}: mediana de la diferencia entre animales A y N. HPD95%: Región de alta densidad posterior al 95%. P: Prob ($D>0$) cuando $D>0$ y Prob ($D<0$) cuando $D<0$.

Tabla 1. Parámetros de las distribuciones marginales posteriores de las diferencias entre animales A y N para las características desde el nacimiento al destete.

CONCLUSIONES

El cruzamiento de la línea maternal resiliente con machos de una línea de crecimiento mejora los caracteres ponderales de las camadas desde el nacimiento a los 21 días de edad.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI) Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) “Una manera de hacer Europa” con el AGL2017-86083-C2-2-P, y con el proyecto de la Conselleria de

Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural 2021/VALORIZA/VSC/002.

REFERENCIAS

Agea I., Argente M.J., García M.L. 2018. Creación de una línea de conejos de carne con fenotipo oscuro. XI Congreso Ibérico de Recursos Genéticos Animales. Murcia, España. 26-29 Mayo 2018

Agea I., García M.L., Blasco A., Argente M.J. 2019. Litter survival differences between divergently selected lines for environmental sensitivity in rabbits. Animals 9: 603. doi:10.3390/ani9090603

Al-Saef A.M., Khalil M.H., Al-Homidan A.H., Al-Dobaib S.N., Al-Sobayil K.A., García M.L., Baselga M. 2008. Crossbreeding effects for litter and lactation traits in a Saudi project to develop new lines of rabbits suitable for hot climates. Livestock Sci. 118: 238-246.

Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco, A. 1999. Phenotypic and genetic parameters of birth weight and weaning weight of rabbits born from unilaterally ovariectomized and intact does. Livestock Production Science, 57(2): 159-167. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00166-3.

Argente M.J., García M.L., Zbyňovská K., Petruška P., Capcarová M., Blasco A. 2019. Correlated response to selection for litter size environmental variability in rabbits' resilience. Animal 13, 2348-2355. https://doi.org/10.1017/S1751731119000302

Belabbas R., García M.L., Ainbaziz H., Berbar A., Argente M.J. 2021. Litter size component traits in two Algerian rabbit lines. World Rabbit Sci. 29:51-58. https://doi.org/10.4995/wrs.2021.14247

Beloumi D.; Blasco A.; Muelas R.; Santacreu M.A.; Garcia M.L.; Argente, M.J. Inflammatory Correlated Response in Two Lines of Rabbit Selected Divergently for Litter Size Environmental Variability. Animals 2020, 10, doi:10.3390/ani10091540.

Blasco A., Martínez-Álvaro M., García M.L., Ibáñez-Escriche N.; Argente M.J. 2017. Selection for genetic environmental sensitivity of litter size in rabbits. Genetics Selection Evolution 49, 48-55.

Castellini C., Dal Bosco A., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Cardinalli R., Rebollar P.G. 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: a review. Animal Reproduction Science, 122, 174-182.

Fortun-Lamothe L. 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. Animal Reproduction Science 93, 1-15.

García M.L., Argente M.J. 2020. The genetic improvement in meat rabbits. In Lagomorpha characteristics. Ed. Intechopen. DOI: 10.5772/intechopen.93896

García M.L., Blasco A., García M.E., Argente M.J. 2018. Body condition and energy mobilisation in rabbits selected for litter size variability. Animal. https://doi.org/10.1017/S1751731118002203

Glaser R., Kiecolt-Glaser J.K. 2005. Stress-induced immune dysfunction: implications for health. Nature Rev Immunol 5, 243–251.

CAPÍTULO 5

LA RENTABILIDAD DE UNA FINCA AGRICOLA DESDE DIFERENTES PERSPECTIVAS: EL CASO DE LA ZAFRA 2016/2017

Data de aceite: 01/03/2022
Data de submissão: 02/12/2021

Victor Enciso
Universidad Nacional de AsunciónFacultad de Ciencias Agrarias-Area de Economía Rural
Campus UNA-San Lorenzo-Paraguay
ORCID ID:0000-0002-6294-2250

Wilma Benítez Moran
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias-Area de Economía Rural
Campus UNA-San Lorenzo-Paraguay
ORCID ID: 0000-0003-0162-5400

Julio Salas-Mayeregger
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias-Area de Economía Rural
Campus UNA-San Lorenzo-Paraguay
ORCID ID: 0000-0001-5630-5215

RESUMEN: En los últimos veinte años, el Paraguay ha realizado un avance importante en la producción de información estadística macros. Contrariamente, informaciones sobre aspectos microeconómicos y específicamente agrícola no han seguido el mismo patrón, siendo una de las razones la dificultad para acceder a información primaria en terreno. La experiencia muestra que es frecuente enfrentar situaciones en la cual el agricultor se rehúsa (y con todo derecho) a proporcionar informaciones económicas y financieras de su finca. Como alternativa se tiene la metodología desarrollada por The International Farm Comparison Network, (COLUNGA, ET AL., 2009), y la Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (CONAB, 2010), que costea lo que denomina una “granja típica”, también conocida como “modal, patrón o estándar”. Por otro lado, Ghida, (2009); organizó una metodología para la evaluación económica, financiera y patrimonial de una finca agrícola. En lo referente a la evaluación económica, parten del cálculo del ingreso bruto, al cual le van descontando los costos y remuneraciones de factores hasta llegar a la rentabilidad. La investigación aquí presentada buscó contribuir a la generación de información microeconómica agrícola, de ahí que su objetivo haya sido la evaluación económica de cuatros fincas modales. Se concluyó que concluye que las fincas cubrieron sus costos directos e indirectos y remuneraron mano de obra familiar, pero solamente tres hicieron lo propio con capital y tierra. Dos fincas tuvieron una rentabilidad superior a la inflación de EEUU.

PALABRAS CLAVE: Finca modal, evaluación económica, Paraguay.

THE PROFITABILITY OF AN AGRICULTURAL FARM FROM DIFFERENT PERSPECTIVES: THE CASE OF THE 2016/2017MARKETIMG YEAR

ABSTRACT: Over the last twenty years, Paraguay has made an important progress in the production of macro statistical information. Conversely, information on microeconomic and specifically agricultural aspects have not followed the same pattern. One of the reasons behind is the difficulty to access primary information from the field. Experience shows that it is frequent to face situations in which the farmer refuses (it is

his right) to provide economic and financial information about his farm. As an alternative, there is the methodology developed by The International Farm Comparison Network, (COLUNGA, ET AL., 2009), and the Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (CONAB, 2010), which analizes a so called “typical farm”, also known as “modal, pattern or standard”. Ghida, (2009) organized a methodology for the economic, financial and patrimonial evaluation of an agricultural farm. Regarding the economic evaluation, it starts from the calculation of gross income, which is discounted by factor costs and remunerations until reaching profitability. The research presented here seeks to contribute to the generation of agricultural microeconomic information, hence its objective has been the economic evaluation of four modal farms. The paper concluded that the farms covered their costs, and the labour factor of production. Three farms did the same with capital and land, and two farms outperformed US inflation.
KEYWORDS: Paraguay, profitability, agriculture.

INTRODUCCIÓN

Una finca agropecuaria se concibe como una unidad productiva que mediante la combinación de factores de producción clásicos (capital, tierra y trabajo) y, dirigidos por el gerenciamiento del propietario (excepto en los casos de grandes empresas), produce bienes y servicios para su comercialización y consumo propio (BARBERIS, BONGIOVANNI, GILETTA, 2017). Como todo emprendimiento productivo precisa que sus ingresos sean superiores a sus egresos. Esta afirmación lleva a la necesidad de evaluar el emprendimiento o finca de modo tal a medir el grado en que estos ingresos cubren los costos y generan excedentes. La evaluación de una finca o empresa agropecuaria se realiza mediante la utilizaciónde indicadores que se agrupan en físicos (o productivos), económicos, financieros y patrimoniales (MARTÍNEZ FERRARIO, 1995); COLUNGA, ET AL., 2009; GHIDA, 2009). La evaluación económica, específicamente considera además del egreso en efectivo, aquellos costos e ingresos no monetizados tales como la depreciación, el costo de oportunidad, consumo, cesiones y/o transferencias internas, diferencia de inventario, producción no vendida en el ejercicio analizado (stock). GHIDA, (2009) organizó una metodología para la evaluación económica, financiera y patrimonial de una finca agrícola. En lo referente a la evaluación económica, parte del cálculo del ingreso bruto, al cual le van descontando los costos y remuneraciones de factores hasta llegar a la rentabilidad. Esta fue la utilizada en este trabajo según se describe en el acápite metodología. La investigación aquí presentada tuvo como objetivo la evaluación económica de cuatros fincas modales del Paraguay.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se considera un estudio de caso de tipo cuantitativo en el que se utilizó un diseño no experimenta, intencional no probabilístico. A través del análisis descriptivo de un proceso, buscó sentar las bases para investigaciones posteriores El área de estudio ubicada en Paraguay fue dividida en cuatro zonas productivas, a saber (i) norte

del Departamento de Alto Paraná, denominada región norte (ii) sur del Departamento de Alto Paraná, denominada región sur (iii) nordeste del Departamento de Itapuá, denominada región centro y, (iv) este del Departamento de Caaguazú, denominada región Campo 9. En cada una de ellas y en colaboración con técnicos locales y agricultores, se construyó una finca modal. Este tipo de finca es la representación de la unidad productiva de la región y del paquete tecnológico, (coeficiente técnico de insumos, maquinarias e implementos, servicios,) más común en la citada unidad geográfica (CONAB, 2010). La finca modal en cada una de las cuatro regiones tuvo con una superficie determinaday, un nivel tecnológico o manejo representativo de la región. Se acordó en las reuniones que las actividades mecanizadas (labores agrícolas) serían totalmente tercerizadas, debido a la gran diversidad delparque de maquinarias e implementos agrícolas que poseían los agricultores, que hizo difícil acordar un costeo representativo en cada zona. Se acordó igualmente que las fincas modales sembrarían tres cultivos, soja, trigo, maíz. Si bien existían experienciasy prácticas de siembra de abonos verdes y otros rubros, (girasol y canola), la elevada heterogeneidad en su manejo intra e interregiones dificultó estructurar una tecnologíamodal, por lo cual se optó por no incluirlas.

Luego de estas exclusiones o ajustes se acordó que cada finca modal siembre en toda suextensión soja en primavera, seguido de maíz y trigo en partes iguales para la región centro y Campo 9, y con variaciones especificas en la región norte y sur. Esta diferenciase debió al hecho que en la región norte luego de la soja se cultiva en mayor cantidad de maíz que trigo atendiendo a que la temperatura en el periodo invernal no es muyfavorable para el cultivo del trigo. En el sur ocurre lo contrario, donde la temperatura no es muy favorable a la producción de maíz de segunda. Con estos ajustes se buscaba representar lo más cercano posible la realidad de la agricultura en esos lugares.

Los datos de costos e ingresos correspondieron a la zafra 2016/2017 para soja y, 2017 para maíz y trigo. El precio de los productos agrícolas fue obtenido de consultas con técnicos de cada zona, y delos silos de acopio. Se utilizó el precio más frecuentemente citado. Los rendimientos fueron los más frecuentes de acuerdo con el nivel tecnológico aplicado según los agricultores consultados. Los costos directos se dividieron en insumos técnicos e insumos físicos expresados en dólares americanos. Los ingresos igualmente se midieron en la misma moneda.

El análisis económico de la finca se midió a través de los siguientes indicadores (Ghida, 2009).

(i) Margen bruto: fue calculado como la diferencia entre ingreso bruto y costo directo. La ecuación usada fue la que se presenta más abajo (1 y2), donde MB es margen bruto, P es precio del bien, Q es cantidad del bien, IB es igual al ingreso bruto y CD es costo directo. Una vez obtenido el margen bruto, se calculó la relación margen bruto y costo directo comúnmente usada como un indicador de rentabilidad entre los agricultores, aunque hay que tener presente su limitación ante el hecho que el ratio resultante no incluye los costos

indirectos o de estructura. También se relacionó el margen bruto con la superficie total cultivada.

*MB = (P * Q) - CD .... (1)*

MP = IB - CD ....(2)

(ii) Resultado operativo: Fue la diferencia entre margen bruto y costo indirecto o de estructura según la ecuación (3) de más abajo, donde RO es resultado operativo, MB es margen bruto y CI es costo indirecto o de estructura. EL costo indirecto incluyó, (i) impuesto inmobiliario, (ii) un contador, y (iii) los intereses pagados por el crédito correspondiente al capital operativo. El primero se calculó como el 1% del valor fiscal de tierra agrícola, (MINISTERIO DE HACIENDA, 2016), del principal Distrito de cada región. Este monto fue convertido a dólares americanos. La tasa de cambio utilizada fue de ₲/USD 5.619 igual al promedio de la zafra 2016/2017 (BCP, 2020). Los intereses pagados son generalmente costos directos, sin embargo, durante el proceso de estructuración de loscostos de la finca modal, se tropezó con la realidad de que varios insumos fueron utilizados en más de un cultivo, creando la consiguiente dificultad de asignar el costo financiero (el interés pagado) de dicho insumo a cada cultivo en forma específica. El capital operativo en su totalidad se obtuvo vía crédito bancario y fue igual al costo directo de cada cultivo Las condiciones de crédito del capital operativo fueron de seis meses de plazo para cada cultivo, y una tasa de 8,19% anual pagadero en una sola cuota. Esta tasa fue el valor medio de las tasas activas para préstamos en dólares durante la zafra setiembre 2016/agosto 2017 según el Banco Central del Paraguay (Banco Central del Paraguay, [BCP], 2020). En el caso de la soja, el crédito fue desembolsado en agosto y cancelado en abril sumando 273 días, en tanto que el maíz fue de enero a julio con un total de 212 días. En el caso específico del trigo se estimó desde a julio (92 días). El servicio de contabilidad fue a razón de ₲/mes 500.000 (costo del servicio másfrecuente, para fincas hasta 500 ha), igual a ₲/año 6.500.000, incluyendo un mes de aguinaldo, que expresado en dólares totalizó USD/año 1.157, monto que fue similar en todas las regiones.

Luego se calculó la relación resultado operativo y costo total, y resultado operativo por hectárea sembrada, a efectos de compararlos con los anteriores ratios y poder dimensionar el peso de los costos indirectos. Finalmente, la participación de los costos indirectos en el costo total fue calculado. En la literatura no se ha encontrado una recomendación sobre la relación ideal entre costos directos e indirectos. Los autores concuerdan en que se debe, dentro de las posibilidades, asignar la mayor parte de los costos a la categoría de costos directos (Martínez Ferrario, 1995), (Vargas Otte, 2000), (Ghida, 2009), (Casari y Gorziglia, 2014).

RO = MB - CI ... ... (3)

(iii) Ingreso neto: se calculó restando al resultado operativo las amortizaciones indirectasde los activos no utilizados directamente en los cultivos, tales como construcciones,

maquinarias, equipos, automotores y otros capitales de trabajo. Se los destinó a remunerar los factores de producción (tierra, capital y trabajo no remunerado). En el diseño de las fincas modales se acordó, no incluir ninguna mejora o construcción, tampoco vehículos automotores, entre los activos, ante la dificultad para acordar una dotación representativa. En resumidas cuentas, el ingreso neto fue similar al resultado operativo. En la fórmula (4), la utilizada, IN es ingreso neto, RO es resultado operativo y A es amortizaciones.

IN = RO - A ... ... (4)

(iv) Ingreso al capital: es lo que quedó de los ingresos netos luego de remunerar la mano de obra del productor y su familia que no fue incluida como costo directo, tampoco como indirecto. En este caso se utilizó como proxy del valor de la mano de obra familiar no remunerada el de un salario mínimo anual incluyendo aguinaldo que totalizó USD/año 5.073 (BCP, 2020). En la fórmula (5), IC es ingreso al capital, IN es ingreso neto, MOF es mano de obra familiar. El ingreso al capital tuvo dos fines, remunerar el interés del capital de la finca, calcular la rentabilidad del activo promedio de la finca.

IC = IN - MOF ... ... (5)

(v) Utilidad líquida: En la formula (6), UL es utilidad líquida, IC es ingreso al capital e IK es interés del capital. La utilidad líquida fue el remanente luego de remunerar el capital de la finca, formado por el capital de trabajo (efectivo en caja) y la tierra. El costo del capital de trabajo fue igual a los intereses pagados por el crédito, mientras que para el costo de la tierra se tomó como proxy el precio de alquiler. Se identificaron dos formas de pago por el alquiler de la tierra. La primera fue de 1 t/ha y, la segunda fue el equivalente el 25% de la producción cosechada entregada en el silo. En este trabajo se optó por el segundo por ser el más usual en las regiones. La utilidad líquida está destinada a retribuir el trabajo gerencial de la finca. A parte de estas retribuciones, más bien de corto plazo, Ghida (2018), señala que una utilidad líquida positiva es un indicador de que la finca con el nivel tecnológico aplicado y el alquiler pagado por la tierra es viable en el largo plazo.

UL = IC - IK ... ... (6)

(vi) Rentabilidad: fue el cociente entre el ingreso al capital y el activo promedio expresado en porcentaje. Representó la tasa de interés que rindió el activo utilizado en la finca, que al inicio de las actividades estuvo formado por la tierra, a un precio de USD/ha 10.000, y el capital operativo. Al final del ciclo el valor de la tierra se mantuvo sin cambios, al que se le sumó el saldo en efectivo (resultado operativo). La fórmula (7), la utilizada, R es rentabilidad; IC es ingreso al capital; ACT es activo promedio.

*R = (IC / ACTP)*100 .... (7)*

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Región Norte

La finca representativa de la región norte tuvo 500 hectáreas de superficie, en las cuales se sembró soja en su totalidad, más 400 hectáreas de maíz en enero y 100 hectáreas de trigo en mayo, totalizando 1.000 hectáreas sembradas. El Distrito de Minga Pora (24°52′34″S 54°56′00″O) fue la ubicación de referencia.

El ingreso bruto total de la finca fue USD 822.000 del cual la soja participó con el 65%, el maíz con el 29% y el trigo con el 6%. Por su lado, el costo directo total llegó a USD 487,867, monto al cual la soja aportó el 49%, el maíz el 42% y el trigo el 9%. La diferencia entre ambos dio como resultado un margen bruto de USD 334.133. Del margen bruto total correspondió a la soja el 88%, al maíz el 10% y al trigo el 2%. La relación margen bruto y costo directo fue de 68%. Lo que indicó que, por cada unidad monetaria de costo directo, el retorno fue 68 unidades, con un rango que fue desde 122% en el caso de la soja y 14% del trigo, con el maíz en 17%. Por su lado la relación entre el margen bruto y la superficie sembrada dio un resultado de USD/ha 334.

Cubierto los costos directos, se procedió a calcular los costos indirectos o de estructura, que restado del margen bruto dio lo que se conoce como resultado operativo. El valor fiscal de tierra agrícola del Distrito de Minga Pora, para el 2017 fue de ₲/ha 1.160.320 (MINISTERIO DE HACIENDA, 2016), totalizando ₲ 580.160.000 para toda la finca. Sobre esta base el impuesto inmobiliario en dólares fue igual a USD 1.032. El contador tuvo un costo de USD/año 1.157. El costo financiero de los créditos dio un total de USD 25.691, según el siguiente detalle: soja (USD 14.828), maíz (USD 9.980) y trigo (USD 883), totalizando USD 25.691. En total los costos indirectos sumaron USD 27.880, que descontados del margen bruto dio un resultado operativo de USD 306.253. En otros termino, el ingreso de la finca modal fue suficiente para cubrir todos los costos tanto directos como indirectos dejando un saldo destinado a remunerar factores de producción. La relación entre el resultado operativo y el costo total fue de 59%, frente a los 68% cuando solamente se tuvo en cuesta los costos directos. Igualmente se calculó el resultado operativo por hectárea cultivada, que dio USD/ha 306, que muestra los efectos de la inclusión de los costos indirectos en el cálculo. Además, estimar los costos indirectos permitió calcular el costo total, que fue igual a USD 515.747, de los cuales el 5% correspondió a costos indirectos y el saldo a costos directos.

El ingreso neto fue similar al resultado operativo y se utilizó para remunerar el factor trabajo o la mano de obra familiar que no formó parte de los costos. El saldo restante denominado ingreso al capital, utilizado para remunerar el capital de la finca, y la rentabilidad del activo promedio.

El capital de la finca estuvo formado por el capital de trabajo (efectivo en caja) y la tierra. EL costo del capital o la remuneración total del capital fue igual a por un lado al costo

de oportunidad del factor tierra, que para esta finca alcanzó USD 133.000. Este monto fue calculado de la siguiente manera 500 ha x 3,80 t/ha x 280 USD/t x 0,25. Por el otro lado, se tuvo el costo del capital de trabajo, que fue igual a los intereses pagados por el crédito, que sumaron USD 25.691 tal como ya calculó anteriormente. En total el costo del capital a remunerar totalizó USD 158.691, que descontado del ingreso al capital dio como resultado una utilidad líquida de USD 142.489, destinado a retribuir el trabajo gerencial de la finca.

En el cálculo de la rentabilidad se procedió primeramente a calcular el activo promedio de la finca compuesto por la tierra y el efectivo en caja. Al inicio en caja se tenía el crédito para soja (USD 238.747) y la tierra con un valor de USD/ha 10.000 totalizando un capital promedio de USD 5.000.000. Al final del ciclo el valor de la tierra se mantuvo sin cambios, al que se le sumó el saldo en efectivo (resultado operativo) igual a USD 306.253. De este modo el valor del activo promedio fue de USD 5.272.500. La rentabilidad fue de 5,71% que estuvo por encima de la la tasa de interés efectivo pasiva, en moneda extranjera para un certificado de depósito de ahorro fue 4,14% (BCP, 2021). Atendiendo a que la inversión estuvo en su mayor parte dolarizada, se comparó la rentabilidad alcanzada con la tasa de inflación de Estados Unidos, que en el 2016 fue de 1,26% (WORLD BANK, 2021), de modo que el retorno alcanzado mantuvo el valor de la moneda y rindió en términos reales 4,45%.

Región Campo 9

La finca representativa de la región Campo 9 tuvo una superficie de 400 hectáreas, en las cuales se sembró soja en su totalidad, más 200 hectáreas de maíz en enero y 200 hectáreas de trigo en mayo, totalizando 800 hectáreas sembradas. El Distrito de J. Eulogio Estigarribia sirvió de referencia (25°22′24″S 55°42′15″O).

El ingreso bruto total de la finca totalizó USD 558.000 en el cual la soja participó con el 58%, el maíz con el 23% y el trigo con el 19%. Por su lado, el costo directo total llegó a USD 387.240, monto al cual la soja aportó el 50%, el maíz el 28% y el trigo el 22%. La diferencia entre ambos dio como resultado un margen bruto de USD 170.760. Del margen bruto total correspondió a la soja el 76%, al maíz el 10% y al trigo el 14%. La relación margen bruto y costo directo fue de 44%. Lo que indica que, por cada unidad monetaria de costo directo, el retorno fue 44 unidades, con un rango que fue desde. 66% en el caso de la soja y 16% del maíz, con el trigo en 29%. De igual modo se calculó la relación entre el margen bruto y la superficie sembrada, que dio un resultado de USD/ha 213.

Cubierto los costos directos, se procedió a calcular los costos indirectos o de estructura, que restado del margen bruto dio lo que se conoce como resultado operativo. El valor fiscal de tierra agrícola del Distrito de J. Eulogio Estigarribia, para el 2017 fue de ₲/ha 1.139.600 (MINISTERIO DE HACIENDA, 2016), totalizando ₲ 455.840.000 para toda la finca. Sobre esta base el impuesto inmobiliario en dólares fue igual a USD 811. El contador tuvo un costo de USD/año 1.157. El costo financiero de los créditos dio un total de USD 19.096, según el siguiente detalle: soja (USD 12.049), maíz (USD 5.253) y trigo (USD

1.750). En total los costos indirectos sumaron USD 21.064, que descontados del margen bruto dio un resultado operativo de USD 149.695. En otros termino, el ingreso de la finca modal fue suficiente para cubrir todos los costos tanto directos como indirectos dejando un saldo destinado a remunerar factores de producción.

La relación entre el resultado operativo y el costo total fue de 37%, frente a los 44% cuando solamente se tuvo en cuesta los costos directos. Igualmente se calculó el resultado operativo por hectárea cultivada, que dio USD/ha 187.

Además, estimar los costos indirectos permitió calcular el costo total, que fue igual a USD 408.305, de los cuales el 5% correspondió a costos indirectos y el saldo a costos directos.

Tal como se explicó en la metodología el ingreso neto fue igual al resultado operativo, y se utilizó para remunerar el factor trabajo o la mano de obra familiar que no formó parte de los costos. El saldo restante denominado ingreso al capital, utilizado para remunerar el capital de la finca, y la rentabilidad del activo promedio.

El capital de la finca estuvo formado por el capital de trabajo (efectivo en caja) y la tierra. EL costo del capital o la remuneración total del capital fue igual a por un lado al costo de oportunidad del factor tierra, que para esta finca alcanzó USD 81.000. Este monto fue calculado de la siguiente manera 400 ha x 3,00 t/ha x 270 USD/t x 0,25. Por el otro lado, se tuvo el costo del capital de trabajo, que fue igual a los intereses pagados por el crédito, que sumaron USD 19.096 tal como ya calculó anteriormente. En total el costo del capital a remunerar totalizó USD 100.096, que descontado del ingreso al capital dio como resultado una utilidad líquida de USD 44.526, destinado a retribuir el trabajo gerencial de la finca.

En el cálculo de la rentabilidad se procedió primeramente a calcular el activo promedio de la finca compuesto por la tierra y el efectivo en caja. Al inicio en caja se tenía el crédito para soja (USD 194.725) y la tierra con un valor de USD/ha 10.000 totalizando un capital promedio de USD 4.000.000. Al final del ciclo el valor de la tierra se mantuvo sin cambios, al que se le sumó el saldo en efectivo (resultado operativo) igual a USD 149.695. De este modo el valor del activo promedio fue de USD 4.107.895. La rentabilidad fue de 3,52% que estuvo por debajo de la tasa de interés efectivo pasiva, en moneda extranjera para un certificado de depósito de ahorro fue 4,14% (BCP, 2021). Atendiendo a que la inversión estuvo en su mayor parte dolarizada, se comparó la rentabilidad alcanzada con la tasa de inflación de Estados Unidos, que en el 2016 fue de 1,26% (WORLD BANK, 2021), de modo que el retorno alcanzado mantuvo el valor de la moneda y rindió en términos reales 2,26%.

Región Centro

La finca representativa de la región centro tuvo una superficie de 300 hectáreas, en las cuales se sembró soja en su totalidad durante la primavera, más 150 hectáreas de maíz en enero y 150 hectáreas de trigo en mayo, totalizando 600 hectáreas sembradas. El

Distrito de Iguazú fue la referencia geográfica (25°28′00″S 55°00′00″O).

El ingreso bruto total de la finca totalizó USD 490.125 en el cual la soja participó con el 67%, el maíz con el 18% y el trigo con el 15%. Por su lado, el costo directo total llegó a USD 274.227, monto al cual la soja aportó el 53%, el maíz el 27% y el trigo el 20%. La diferencia entre ambos dio como resultado un margen bruto de USD 215.898. Del margen bruto total correspondió a la soja el 85%, al maíz el 7% y al trigo el 8%. La relación margen bruto y costo directo fue de 79%. Lo que indica que, por cada unidad monetaria de costo directo, el retorno fue 79 unidades, con un rango que fue desde. 126% en el caso de la soja y 20% del maíz, con el trigo en 30%. De igual modo se calculó la relación entre el margen bruto y la superficie sembrada, que dio un resultado de USD/ha 360.

Cubierto los costos directos, se procedió a calcular los costos indirectos o de estructura, que restado del margen bruto dio lo que se conoce como resultado operativo. El impuesto inmobiliario fue USD 619, calculado sobre un valor fiscal de tierra agrícola del Distrito de Minga Guazú, que para el 2017 fue de ₲/ha 1.160.320 (MINISTERIO DE HACIENDA, 2016), totalizando ₲ 348.096.000. El contador tuvo un costo de USD/año 1.157. El costo financiero de los créditos dio un total de USD 13.753, según el siguiente detalle: soja (USD 9.070), maíz (USD 3.533) y trigo (USD 1.150). En total los costos indirectos sumaron USD 15.530, que descontados del margen bruto dio un resultado operativo de USD 200.369. En otros termino, el ingreso de la finca modal fue suficiente para cubrir todos los costos tanto directos como indirectos dejando un saldo destinado a remunerar factores de producción. La relación entre el resultado operativo y el costo total fue de 69%, frente a los 79% cuando solamente se tuvo en cuesta los costos directos. Igualmente se calculó el resultado operativo por hectárea cultivada, que dio USD/ha 334, que muestra los efectos de la inclusión de los costos indirectos en el cálculo. Además, estimar los costos indirectos permitió calcular el costo total, que fue igual a USD 289.756, de los cuales el 5% correspondió a costos indirectos y el saldo a costos directos.

Tal como se explicó en la metodología el ingreso neto fue igual al resultado operativo, y se utilizó para remunerar el factor trabajo o la mano de obra familiar que no formó parte de los costos. El saldo restante denominado ingreso al capital, utilizado para remunerar el capital de la finca, y la rentabilidad del activo promedio.

El capital de la finca estuvo formado por el capital de trabajo (efectivo en caja) y la tierra. EL costo del capital o la remuneración total del capital fue igual a por un lado al costo de oportunidad del factor tierra, que para esta finca alcanzó USD 82.650. Este monto fue calculado de la siguiente manera 300 ha x 3,80 t/ha x 290 USD/t x 0,25. Por el otro lado, se tuvo el costo del capital de trabajo, que fue igual a los intereses pagados por el crédito, que sumaron USD 13.753 tal como ya calculó anteriormente. En total el costo del capital a remunerar totalizó USD 96.403, que descontado del ingreso al capital dio como resultado una utilidad líquida de USD 98.892, destinado a retribuir el trabajo gerencial de la finca.

En el cálculo de la rentabilidad se procedió primeramente a calcular el activo

promedio de la finca compuesto por la tierra y el efectivo en caja. Al inicio en caja se tenía el crédito para soja (USD 146.044) y la tierra con un valor de USD/ha 10.000 totalizando un capital promedio de USD 3.000.000. Al final del ciclo el valor de la tierra se mantuvo sin cambios, al que se le sumó el saldo en efectivo (resultado operativo) igual a USD 200.369. De este modo el valor del activo promedio fue de USD 3.173.206. La rentabilidad fue de 6,15% que estuvo por encima de la tasa de interés efectivo pasiva, en moneda extranjera para un certificado de depósito de ahorro fue 4,14% (BCP, 2021). Atendiendo a que la inversión estuvo en su mayor parte dolarizada, se comparó la rentabilidad alcanzada con la tasa de inflación de Estados Unidos, que en el 2016 fue de 1,26% (WORLD BANK, 2021), de modo que el retorno alcanzado mantuvo el valor de la moneda y rindió en términos reales 4,89%.

Región Sur

La finca representativa de la región sur tuvo 50 hectáreas de superficie, en las cuales se sembró soja en su totalidad, más 10 hectáreas de maíz en enero y 40 hectáreas de trigo en mayo, totalizando 100 hectáreas sembradas. El Distrito de San Rafael del Paraná (26°39′S 54°56′O) actuó de referencia geográfica.

El ingreso bruto total de la finca totalizó USD 62.850 en el cual la soja participó con el 64%, el maíz con el 10% y el trigo con el 27%. Por su lado, el costo directo total llegó a USD 43.211, monto al cual la soja aportó el 54%, el maíz el 12% y el trigo el 34%. La diferencia entre ambos dio como resultado un margen bruto de USD 19.639. Del margen bruto total correspondió a la soja el 85%, al maíz el 4% y al trigo el 11%. La relación margen bruto y costo directo fue de 45%. Lo que indica que, por cada unidad monetaria de costo directo, el retorno fue 45 unidades, con un rango que fue desde 71% en el caso de la soja y 15% del maíz, con el trigo en 16%. De igual modo se calculó la relación entre el margen bruto y la superficie sembrada, que dio un resultado de USD/ha 196.

Luego se calcularon los costos indirectos o de estructura, que restado del margen bruto dio lo que se conoce como resultado operativo. El impuesto inmobiliario fue USD 140, que se calculó como el 1% del valor fiscal de tierra agrícola del Distrito de San Rafael del Paraná, que para el 2017 fue de ₲/ha 1.574.720 (MINISTERIO DE HACIENDA, 2016), totalizando ₲ 78.735.00. El contador tuvo un costo de USD/año 1.157. El costo financiero de los créditos dio un total de USD 7.013, según el siguiente detalle: soja (USD 1.453), maíz (USD 2.495) y trigo (USD 3.065). En total los costos indirectos sumaron USD 8.310, que descontados del margen bruto dio un resultado operativo de USD 11.329. En otros termino, el ingreso de la finca modal fue suficiente para cubrir todos los costos tanto directos como indirectos dejando un saldo destinado a remunerar factores de producción. La relación entre el resultado operativo y el costo total fue de 22%, frente a los 45% cuando solamente se tuvo en cuesta los costos directos. Igualmente se calculó el resultado operativo por hectárea cultivada, que dio USD/ha 113, que muestra los efectos de la inclusión de los

costos indirectos en el cálculo. Además, estimar los costos indirectos permitió calcular el costo total, que fue igual a USD 51.521, de los cuales el 16% correspondió a costos indirectos y el saldo a costos directos.

Tal como se explicó en la metodología el ingreso neto fue igual al resultado operativo, y se utilizó para remunerar el factor trabajo o la mano de obra familiar que no formó parte de los costos. El saldo restante denominado ingreso al capital, utilizado para remunerar el capital de la finca, y la rentabilidad del activo promedio.

El capital de la finca estuvo formado por el capital de trabajo (efectivo en caja) y la tierra. EL costo del capital o la remuneración total del capital fue igual a por un lado al costo de oportunidad del factor tierra, que para esta finca alcanzó USD 10.013. Este monto fue calculado de la siguiente manera 50 ha x 3,00 t/ha x 267 USD/t x 0,25. Por el otro lado, se tuvo el costo del capital de trabajo, que fue igual a los intereses pagados por el crédito, sumaron USD 7.013 tal como ya calculó anteriormente. En total el costo del capital a remunerar totalizó USD 17.026, que descontado del ingreso al capital dio como resultado una utilidad líquida negativa de USD 10.770. Una utilidad líquida negativa indica que la empresa agrícola, en esa región, con el actual nivel tecnológico y uso de suelo no es viable en el largo plazo.

En el cálculo de la rentabilidad se procedió primeramente a calcular el activo promedio de la finca compuesto por la tierra y el efectivo en caja. Al inicio en caja se tenía el crédito para soja (USD 23.392) y la tierra con un valor de USD/ha 10.000 totalizando un capital promedio de USD 500.000. Al final del ciclo el valor de la tierra se mantuvo sin cambios, al que se le sumó el saldo en efectivo (resultado operativo) igual a USD 11.329. De este modo el valor del activo promedio fue de USD 517.360. La rentabilidad fue de 1,21% que fue menor a la tasa de interés efectivo pasiva, en moneda extranjera para un certificado de depósito de ahorro que fue 4,14% (BCP, 2021). Atendiendo a que la inversión estuvo en su mayor parte dolarizada, se comparó la rentabilidad alcanzada con la tasa de inflación de Estados Unidos, que en el 2016 fue de 1,26% (WORLD BANK, 2021), el retorno alcanzado fue levemente inferior.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Con respecto a objetivo, este trabajo realizó la evaluación y concluye que las fincas cubren sus costos directos e indirectos. En la remuneración de los factores de producción, todas remuneraron mano de obra familiar, pero solamente tres hicieron lo propio con capital y tierra. En lo referente a la rentabilidad, dos fincas, las de mayor extensión, alcanzaron valores superiores al costo de oportunidad. Respecto a la comparación con la inflación de EEUU, atendiendo a que los costos e ingresos de los cultivos se realizan en la moneda de dicho país, todas las fincas, excepto la de la región sur, tuvieron rentabilidad superior a la inflación de los EEUU. La recomendación apunta a realizar el trabajo anualmente, e incluir

un análisis financiero.

Indicadores	Región norte	Región centro	Región Campo	Región Sur
Ingreso bruto total	**822,000**	**490,125**	**558,000**	**62,850**
Ingreso bruto Soja	532,000	330,600	324,000	40,050
Ingreso bruto Maiz	242,000	88,275	126,000	6,000
Ingreso bruto Trigo	48,000	71,250	108,000	16,800
Costo Directo	**487,867**	**274,227**	**387,240**	**43,211**
CD Soja	238,747	146,044	194,725	23,392
CD Maíz	206,920	73,260	108,908	5,173
CD Trigo	42,200	54,923	83,608	14,646
Margen Bruto	**334,133**	**215,898**	**170,760**	**19,639**
MB Soja	293,253	184,556	129,275	16,658
MB Maíz	35,080	15,015	17,092	827
MB Trigo	5,800	16,327	24,392	2,154
Gastos de estructura y administrativos	**27,880**	**15,530**	**21,064**	**8,310**
Otros Egresos Indirecto				
Resultado Operativo	**306,253**	**200,369**	**149,695**	**11,329**
Amortización indirecta de mejoras	0	0	0	0
Amortización indirecta de maquinarias y equipos	0	0	0	0
Amortización de automotores y otros capitales	0	0	0	0
Ingreso neto	**306,253**	200,369	149,695	11,329
Remuneración mano de obra del productora	5,073	5,073	5,073	5,073
Ingreso al capital	301,180	195,296	144,622	6,255
Rentabilidad	5.71%	6.15%	3.52%	1.21%
Utilidad líquida	142,489	98,892	44,526	-10,770

Fuente: Projecto 12-inv-122 "La rentabilidad de los rubros agrícolas conectados a mercados internaciononales en los dos estratos de la agricultura paraguaya: empresarial y familiar.

Tabla 1. Indicadores del análisis económico (USD).

REFERENCIAS

BANCO CENTRAL DEL PARAGUAY. **Anexo estadístico del informe económico. 2020.** Disponível em https://bit.ly/3d9Z4Fl

BARBERIS, N.A., BONGIOVANNI, R., GILETTA, M. **Rentabilidad agrícola estimada, ciclo 2016/2017**, Córdoba. Departamentos: Colón, Río Primero, Río Segundo y Tercero Arriba. Manfredi, Córdoba, AR.2017. Disponível em: https://bit.ly/3IbYhSp

CASARI, M. Y GORZIGLIA, G. (2014). **Margen bruto: ¿concepto precario para la toma de decisiones agropecuarias?** Rosario, AR. 2014. Disponível em: https://bit.ly/3rwa882

COLUNGA, GB; VILLA-MÉNDEZ CI; TZINTZUN-RASCÓN, R; TENA-MARTÍNEZ, MJ; VAL-ARREOLA, D. (2009). **La caracterización socioeconómica de los sistemas campesinos de producción en pequeña escala de la cuenca lechera Morelia-Alvaro Obregón, Michoacán** (en línea) Livestock Research for Rural Development. 21 (159). Disponível em: https://bit.ly/3xInWgR

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de Produção Agrícola: A metodologia da CONAB.** Brasilia. CONAB. 2010 Disponível em: https://bit.ly/32Gt75o

GHIDA, C. **Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas**. Buenos Aires: INTA. 2009. Disponível em: https://bit.ly/3dbURkl

GHIDA, C. **Análisis del riesgo del sistema agrícola en dos zonas ecológicas y con dos esquemas de alquiler**. Marcos Juárez Cba: INTA. 2018. Disponível em: https://bit.ly/3z9RAvF

GONZÁLEZ, M. Y PAGLIETTINI, L. **Los costos agrarios y sus aplicaciones**. Buenos Aires, Facultad Agronomía. 2001. 78 p.

MARTÍNEZ FERRARIO, E. **Estrategia y administración agropecuaria**. Buenos Aires: Ed.Troquel. 1995

MINISTERIO DE HACIENDA DEL PARAGUAY. Decreto 6.606 del 28 diciembre 2016.

Por el cual se fijan los valores fiscales inmobiliarios establecidos por el servicio nacional de catastro, que servirán de base imponible para la determinación del impuesto inmobiliario y sus adicionales para el ejercicio fiscal del año 2017. Asunción. PY. 2016. Disponível em: https://bit.ly/3G73BVk

VARGAS OTTE, G. **Manual de criterios comunes para el control de gestión en empresas agropecuarias.** Santiago: Fundación Chile, 2000. 56p.

WORLD BANK. **Country partnership framework for the republic of Paraguay for the period FY19-FY23**. 2019. Disponível em: https://bit.ly/2ZMT822

SOBRE OS ORGANIZADORES

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. Lattes: http://lattes.cnpq.br/0720581765268326

RAIMUNDO CLEIDSON OLIVEIRA EVANGELISTA: Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA). Atualmente é Diretor-presidente da Startup “FrutimaTec: Conhecimento e Segurança para o fruticultor”. É bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) na categoria BEST I: Bolsa de Estágio em Inovação I. Desenvolve pesquisas na área de Agronomia, com ênfase em produção vegetal, horticultura, fruticultura, proteção de plantas e promoção de crescimento vegetal com a utilização de bioinsumos. Lattes: http://lattes.cnpq.br/5604372541250943.

FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA: Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA, diretora de Gestão de Pessoas na AgropecJr-Ej de Serviços Agropecuários e Ambientais (2021-2022). Tem atuação nas áreas de fitotecnia, nutrição mineral de plantas, propagação vegetal, substratos alternativos, atuando principalmente na fruticultura e floricultura. Lattes: http://lattes.cnpq.br/4527314930415453

ÍNDICE REMISSIVO

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Investigación, tecnología e innovación EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Ano 2022